



Laboratoire de Physique  
Subatomique et de Cosmologie

# Retour sur le projet GUINEVERE/GENEPI-3C

**M. Baylac**

au nom de l'équipe de pilotage du projet: A. Billebaud, J. Bouvier, D. Bondoux

Ecole "Les outils de la conduite de projets" organisée par l'IN2P3,  
Paris, 8-10 octobre 2012



# Plan de l'exposé

- **Le projet GUINEVERE**
  - contexte, genèse et objectifs
  - présentation et cadre européen
  - description technique
  - LPSC et laboratoires partenaires
- **La gestion du projet**
  - qualité
  - plan de management
  - équipe de pilotage
  - découpage par tâches (WBS)
  - budget prévisionnel
  - planning prévisionnel
  - analyse de risques
  - acteurs du projet (LPSC, IN2P3 et SCK-CEN)
  - équipe projet
  - réunions et leur suivi
  - outils d'échanges
  - gestion documentaire
  - gestion de chantier et de transfert
- **Grandes leçons tirées du projet**
  - réalisé vs prévisionnel
  - difficultés techniques
  - difficultés projet
  - retombées au niveau du LPSC
  - communication
  - les clefs du succès?



# Glossaire

- **ADS** : Accelerator Driven System (système piloté par accélérateur)
- **EURATOM** : European Atomic Energy Community
- **EUROTRANS -IP** : Integrated Project on European Transmutation
- **FREYA** : Fast Reactor Experiments for hYbrid Applications
- **GENEPI** : Générateur de NEutrons Pulsé et Intense
- **GEDEPEON** : GEstion des DEchets et Production d'Energie par des Options Nouvelles
- **GUINEVERE** : Generator of Uninterrupted Intense Neutron at the lead Venus Reactor
- **LPSC** : Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie
- **PACEN** : Programme sur l'Aval du Cycle et la production d'Energie Nucléaire
- **SCK-CEN** : StudieCentrum voor Kernenergie - Centre d'études de l'Energie Nucléaire (Mol, Belgique)
- **VENUS** : Vulcain Experimental Nuclear Study



# Partie I

- **Le projet GUINEVERE**
  - contexte, genèse et objectifs
  - présentation et cadre européen
  - description technique
  - LPSC et laboratoires partenaires

# Contexte du projet

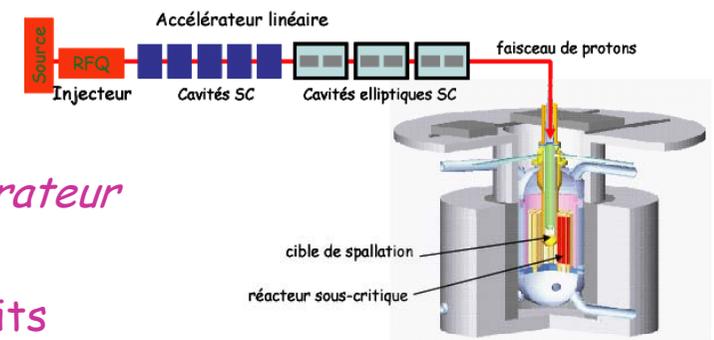
- **Thématique:** Programme de recherche sur les réacteurs nucléaires sous-critiques pilotés par accélérateur (ADS) dédiés à la transmutation des déchets nucléaires

- **ADS : Accelerator Driven System**

- réacteur nucléaire sous-critique dont la réaction en chaîne est entretenue par des neutrons produits par un accélérateur

→ *pilotage de la puissance du réacteur par accélérateur*

- concept de réacteur innovant avec des objectifs de sûreté accrus et de minimisation des déchets produits



- **Contexte**

- **CNRS/IN2P3:** groupement national recherche GEDEPEON du programme PACEN
- **National :** loi de programme de 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs
- **Européen:** Programmes européens liés aux ADS dans le cadre de FP6 (EUROTRANS-IP dans EURATOM) et FP7 (FREYA) dans la continuation du prog. expérimental MUSE-4 (FP5) effectué au CEA-Cadarache



# Genèse du projet

- Collaboration entre le **SCK-CEN** et l'**IN2P3/LPSC**
  - Groupe de physique des réacteurs du LPSC et physiciens du SCK-CEN ont été partenaires du contrat MUSE sur le couplage de GENEPI-1 avec le réacteur MASURCA au CEA de Cadarache (2000-2004)
- Collaboration officielle signée entre l'IN2P3 et le SCK en 2005 sur la thématique des ADS
- Dans le cadre du projet européen IP-EUROTRANS (2002-06), abandon d'un programme expérimental (TRADE-PLUS) → enveloppe budgétaire disponible
- Le SCK-CEN possède le réacteur nucléaire VENUS sur le site de Mol
- Le LPSC possède l'expérience des accélérateurs électrostatiques pour la production de neutrons
  - proposition conjointe CNRS/SCK à la collaboration EUROTRANS pour la construction d'une installation expérimentale représentative d'un ADS en Europe
  - **acceptation officielle en décembre 2006 par EUROTRANS**

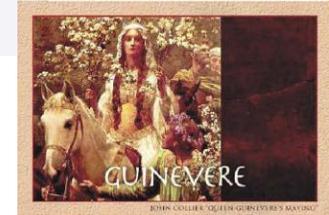
# Objectifs

- Fournir un **système représentatif d'un démonstrateur d'ADS** (spectre de neutrons rapide, caloporteur plomb, faisceau continu)
- Système dédié aux études de
  - suivi en ligne de la réactivité
    - proportionnalité courant/flux
    - détermination de la sous-criticité (conditions d'application des méthodes de calibration de la réactivité dans les « beam trips » )
  - procédures opérationnelles dans un ADS (contrôle de la réactivité pendant les opérations de chargement et démarrage du cœur)
- **GUINEVERE** consiste en:
  - une expérience de **couplage** (à puissance nulle)
  - entre le **réacteur rapide VENUS-F** (SCK-CEN, Mol-BE)
  - et une **source de neutrons externe** (GENEPI-3C)

→ *GUINEVERE = maquette d'ADS*



# Le projet GUINEVERE

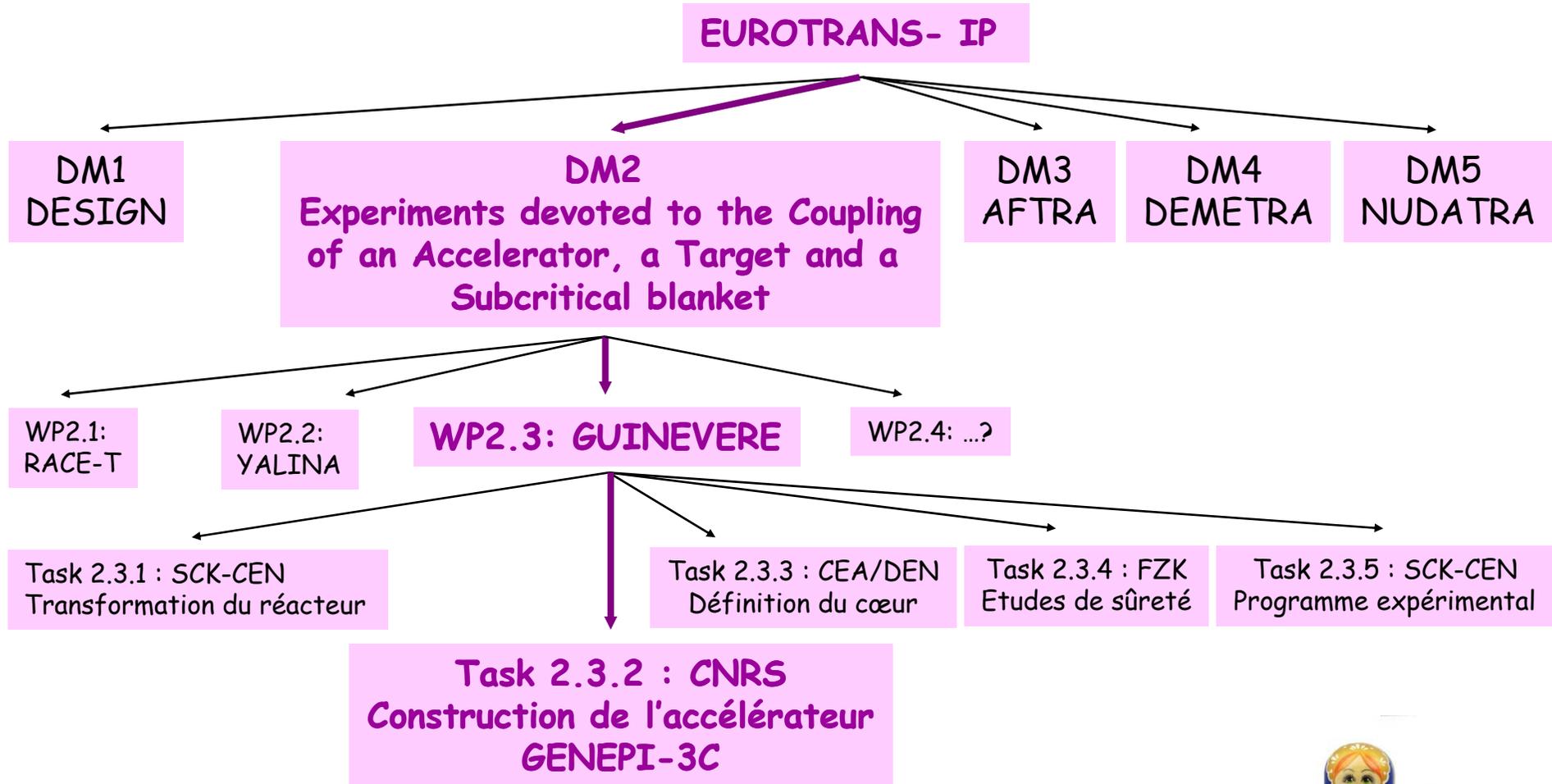


- GUINEVERE : **G**enerator of **U**ninterrupted **I**ntense **N**eutrons at the lead **V**enus **R**Eactor
- Réacteur nucléaire (SCK-CEN)
  - transformation du réacteur VENUS, initialement thermique, en **réacteur rapide**
    - Chargement d'un nouveau cœur dans la cuve VENUS (prêt du combustible par le CEA/DEN + réflecteurs plomb)
    - Installation de nouveaux systèmes de sécurité (barres de sûreté et de contrôle)
    - Renforcement des structures (poids du cœur accru)
    - Licensing de la nouvelle infrastructure
- Accélérateur de neutrons (CNRS/IN2P3)
  - fourniture de l'accélérateur GENEPI-3C, **source de neutrons versatile**
    - Conception et construction de l'accélérateur (ligne faisceau insérée verticalement)
    - Développement d'une nouvelle source de deutons (cahier des charges exigeant)
    - Mise en œuvre (commissioning) au SCK-CEN (site nucléaire)
- Programme expérimental (IN2P3, SCK-CEN, CEA et partenaires européens)
  - dédié au monitoring d'un cœur sous-critique



# Cadre européen

- Dans le cadre d'EURATOM:



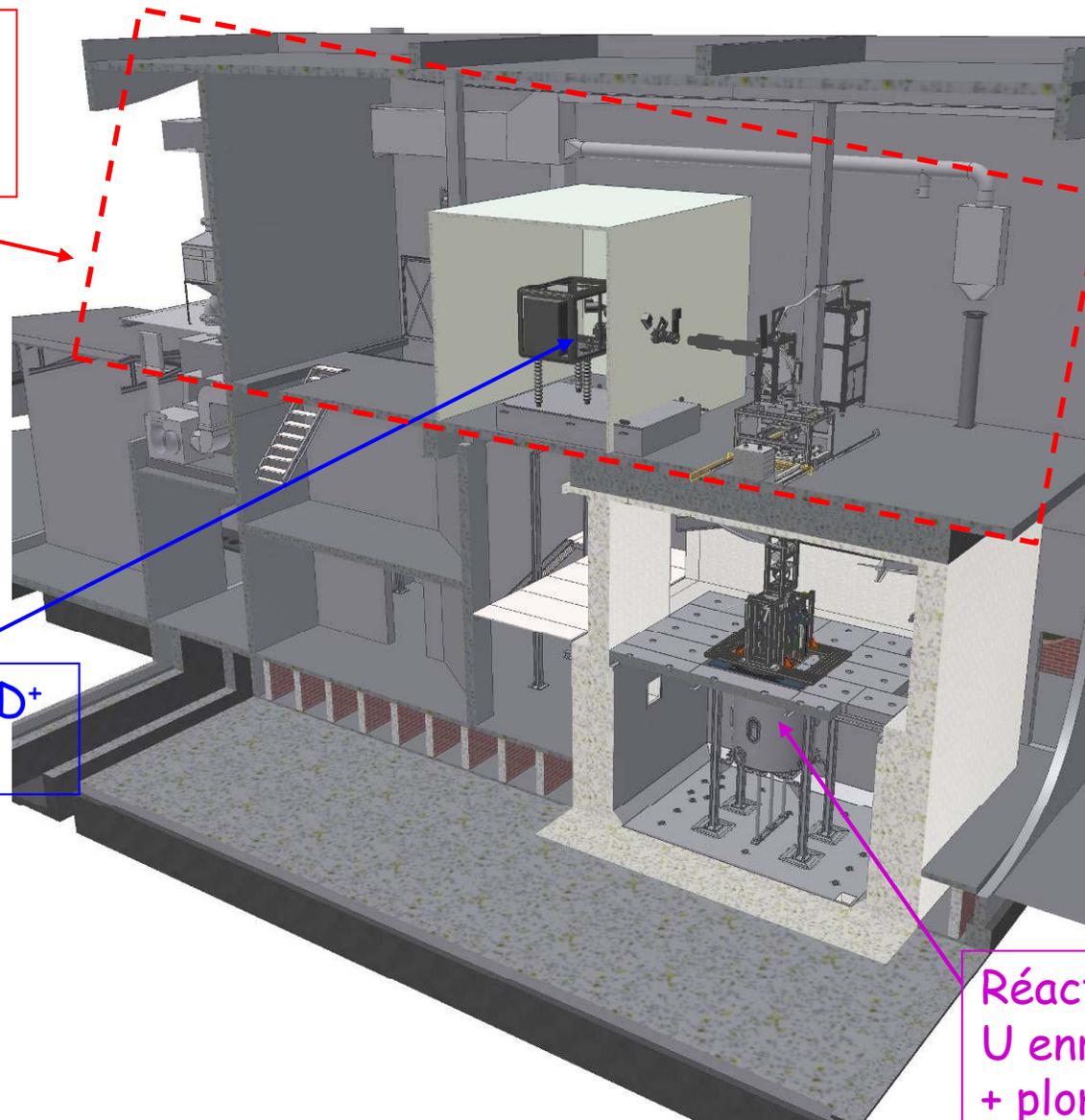
**→ Impact sur le financement et les délais**



# Infrastructure expérimentale

Nouvel étage  
construit pour le  
couplage

Accélérateur de D<sup>+</sup>  
GENEPI-3C



Réacteur VENUS-F  
U enrichi à 30%  
+ plomb solide <sup>10</sup>

# Caractéristiques de l'accélérateur GENEPI-3C

- Générateur de NEutrons Pulsé & Intense

- ❖ Accélérateur électrostatique de Deutons (240 keV)

- ❖ Production de neutrons (14 MeV) sous l'impact du faisceau sur une cible T :  $T(d,n)^4He$

- Accélérateur doit produire alternativement avec une source d'ions unique (→ *risque*)

- ❖ Mode pulsé et intense :  $I_{\text{crête}} \sim 40 \text{ mA}$

- FWHM < 1  $\mu\text{s}$ , taux répétition : 10 Hz - 5 kHz

- ❖ Mode continu (DC) :  $I_{\text{max}} \sim 1 \text{ mA}$

- ❖ Mode continu interrompu :

- DC + interruptions programmables (beam trips)

- fast ON/OFF transition  $\sim \mu\text{s}$

- Technologie basée sur l'expérience précédente du LPSC

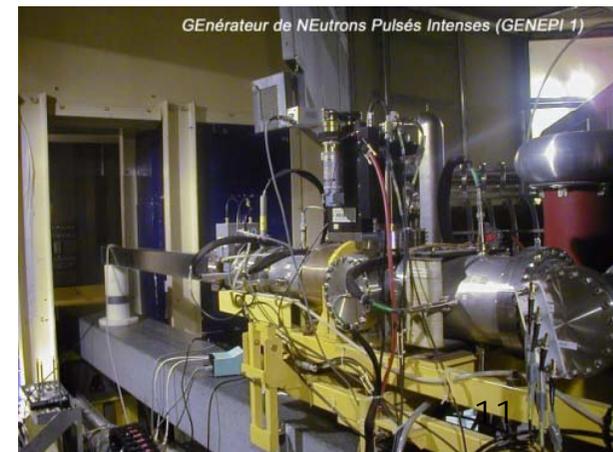
- GENEPI-1 : couplage horizontal avec réacteur MASURCA (pulsé)

- GENEPI-2 : exploitation au LPSC

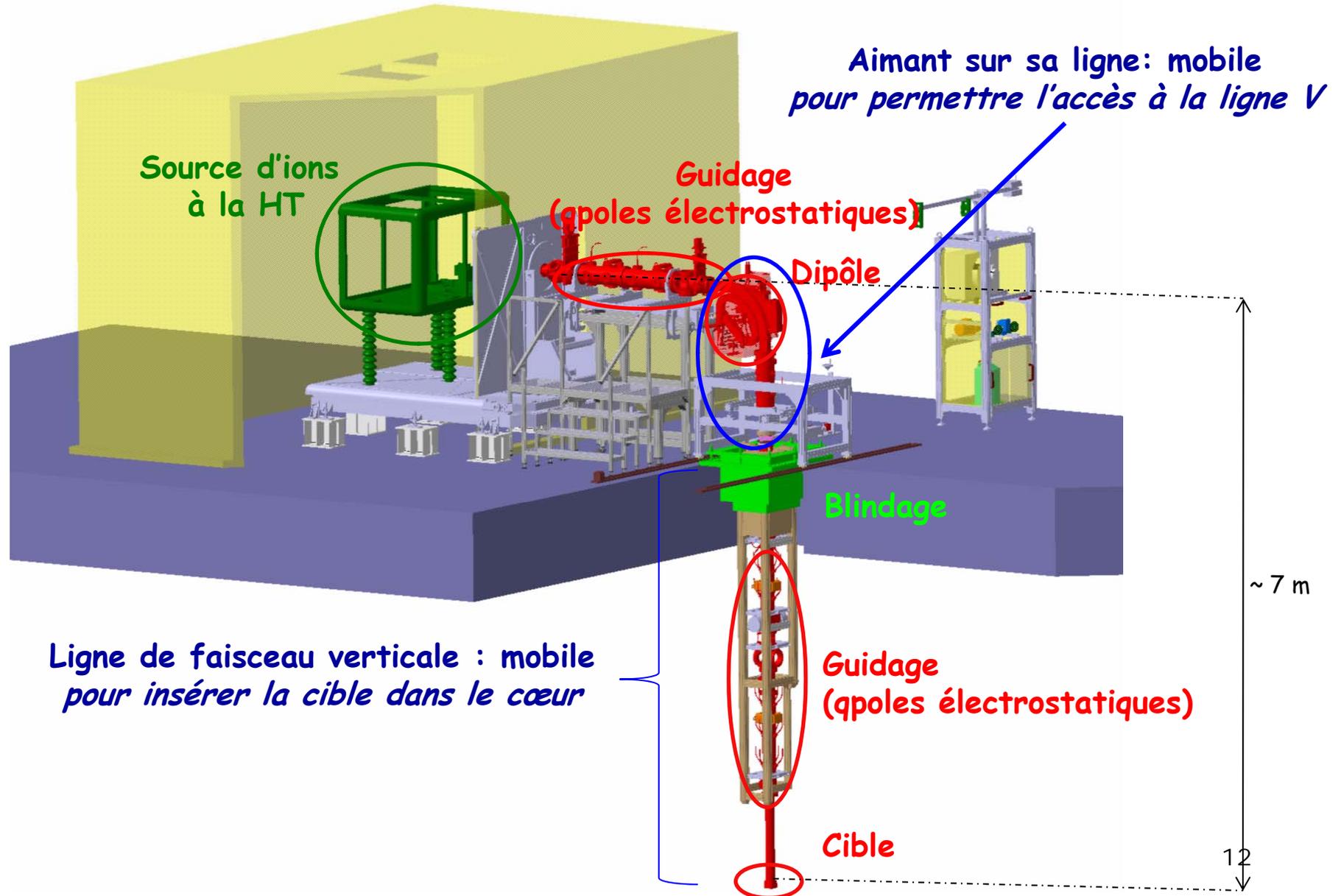
- + expérience de l'installation d'une machine en milieu nucléaire

Mode DC interrompu

Mean current	160 $\mu\text{A}$ to 1 mA
Beam trip rate	0.1 to 100 Hz
Beam trip duration	$\sim 50 \mu\text{s}$ to 10 ms
Transition edge	$\sim 1 \mu\text{s}$

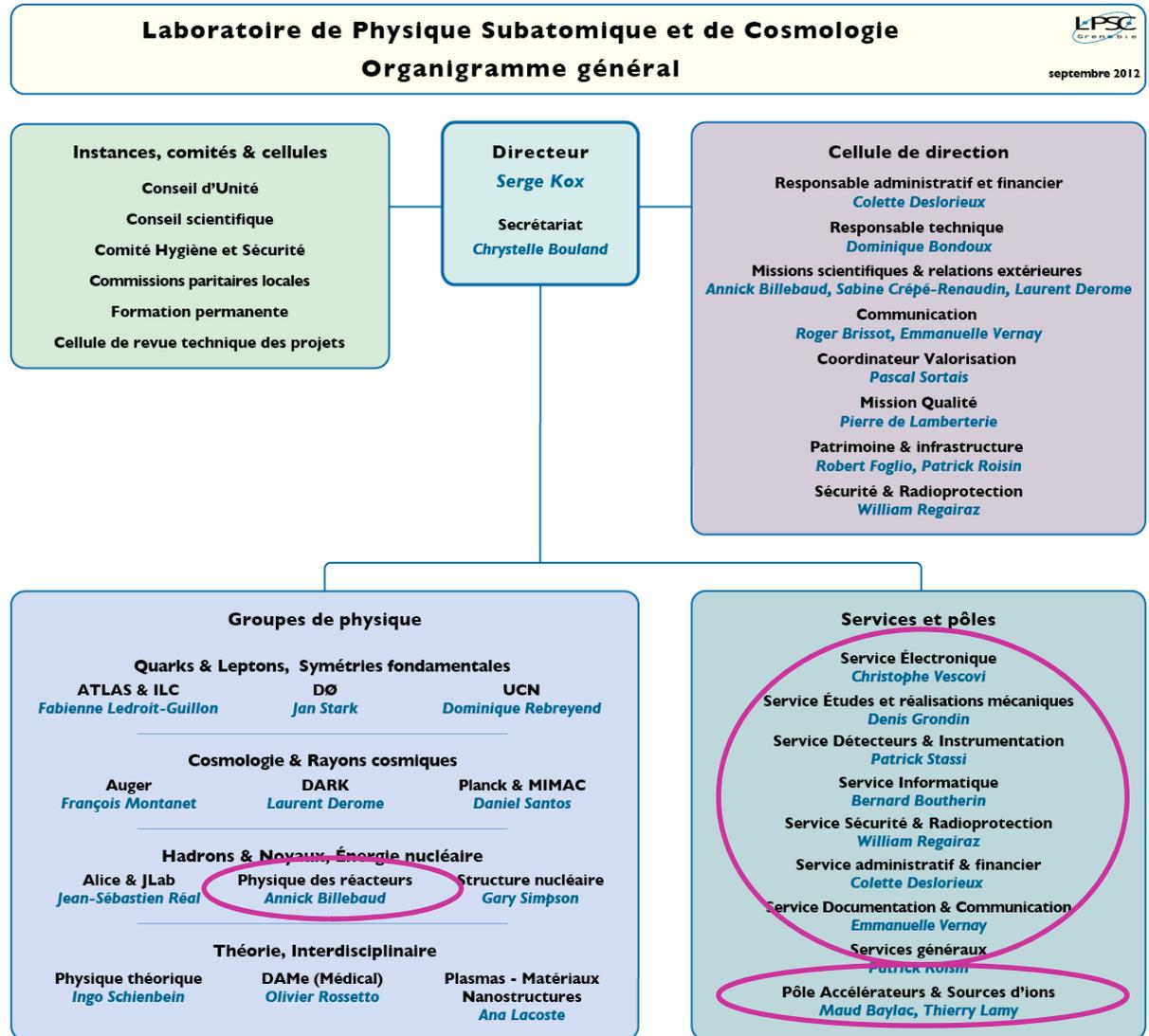


# Schéma de l'accélérateur



# Le LPSC à Grenoble

- Unité mixte de recherche
  - CNRS/IN2P3
  - Université J. Fourier
  - Grenoble INP
- Effectifs ~ 220 personnes
  - 66 chercheurs
  - 91 ITA/IATOS
  - 63 doctorants et postdocs
- Thématiques de l'IN2P3
- Structures en
  - groupes de physique
  - services techniques
  - pôle accélérateurs /sources

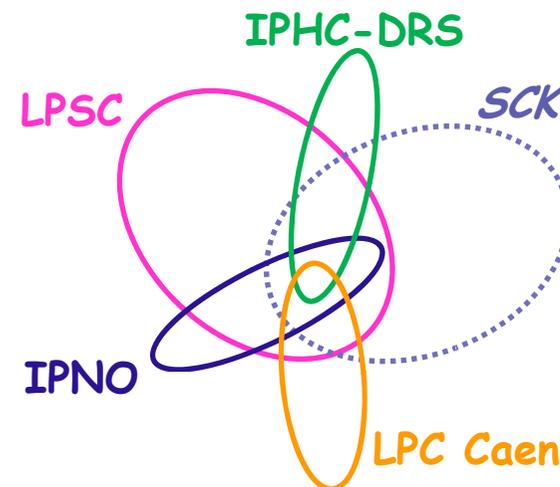


# Laboratoires partenaires

- Pour construire l'accélérateur, dont le LPSC a assuré la maîtrise d'œuvre, une collaboration au sein de l'IN2P3 a été montée en 2007
  - LPC Caen : support et guidage de la ligne verticale
  - IPN Orsay : dipôle et son unité de refroidissement
  - IPHC-DRS Strasbourg : calculs de vide, support mobile, doigt de gant, cible et son refroidissement
  - LPSC Grenoble : tout le reste
- Le SCK a assuré la maîtrise d'œuvre de la modification du réacteur

→ Équipe projet très étendue:  
- multi-labos dans l'IN2P3  
- internationale

→ Impact important sur le projet





## Partie II

- **La gestion du projet**
  - qualité
  - plan de management
  - équipe de pilotage
  - découpage par tâches (WBS)
  - budget prévisionnel
  - planning prévisionnel
  - analyse de risques
  - acteurs du projet (LPSC, IN2P3 et SCK-CEN)
  - équipe projet
  - réunions et leur suivi
  - outils d'échanges
  - gestion documentaire
  - gestion de chantier et de transfert



# La qualité

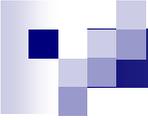
- La qualité dans le projet est principalement définie par :
  - l'organisation
  - le contrôle
  - la documentation
- Ces points seront illustrés dans de multiples facettes du projet, par exemple:
  - plan de management
  - analyse des risques
  - différentes réunions
  - gestion documentaire
  - ressources humaines

# Plan de management

- Elaboré par la responsable scientifique et le responsable technique en 2007
- Document de 21 pages qui présente les
  - objectifs, performances, stratégie de développement
  - organisation : acteurs, équipes, rôles, labos participants
  - budget et financement
  - découpage des tâches
  - procédures de management :  
réunions, documentation, planning, rapports d'avancement
- NB : langue privilégiée : Français  
sauf besoin spécifique (anglais)  
par exemple, pour certaines réunions techniques

	<b>PROJET : GUINEVERE GENEPI-3C</b>	
Laboratoire/Service émetteur: IN2P3_LPSC_GPR		
	Nb de Pages : 21	Enregistré le : 03/07/12
<b>Titre : Plan de management du projet GUINEVERE/GENEPI-3C</b>  <b>Auteur(s) : A.Billebaud, J.Bouvier</b>  <b>Vérificateur : M.Baylac</b>  <b>Liste de diffusion : Liste projet EDMS GUINEVERE</b>		
<b>Description ou résumé :</b> Description du système de management projet mis en oeuvre par l'équipe de pilotage du projet GUINEVERE GENEPI-3C.		
Référence GUI-MAN-1.18.5-0001-LPSC      Révision : 1      Date : 15/01/08		

	Auteur/Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom	A.Billebaud, J.Bouvier	M.Baylac	J.Bouvier
Fonction	Resp. Proj.	Resp. SA	Coord. tech. Proj.
Date	19/10/07	19/10/07	19/10/07
Visa	A.Billebaud	M.Baylac	J.Bouvier



# Equipe de pilotage et définition des missions - 1

- Responsable scientifique : **Annick Billebaud** (physique des réacteurs)

Désignée par le Directeur Adjoint Scientifique de sa thématique

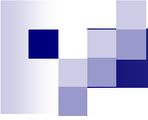
- Défendre les objectifs scientifiques, assurer le reporting devant les instances nationales internationales
- **Elaboration du cahier des charges scientifiques avec les partenaires**
- Assurer que les choix retenus sont appropriés à l'obtention des objectifs scientifiques
- Assurer la coordination des aspects scientifiques au sein de la collaboration IN2P3
- **Gérer le budget, valider & effectuer le suivi des attributions nationales/européennes aux partenaires**
- Faciliter les échanges et procédures administratives avec le SCK•CEN et les autres entités partenaires
- **Organiser la communication sur le déroulement et l'avancement du projet, au sein du projet et vers les entités partenaires**

- Responsable/coordonateur technique : **Joël Bouvier** (électronique)

Désigné par le directeur du laboratoire maître d'œuvre (LPSC)

- Assurer la coordination des aspects techniques dans toutes ses phases (définition → démontage)
- Faire l'interface avec les chefs de service du LPSC notamment sur le suivi des attributions des RH
- Valider les choix en vue d'atteindre les objectifs du projet sur proposition de l'équipe de pilotage du projet (scientifiques, techniques, coûts, et délais) en tenant compte des risques associés
- Définir les phases et jalons opérationnels du projet
- Mettre à jour le planning, effectuer le suivi de réalisation des tâches
- Réaliser/superviser la documentation technique du projet

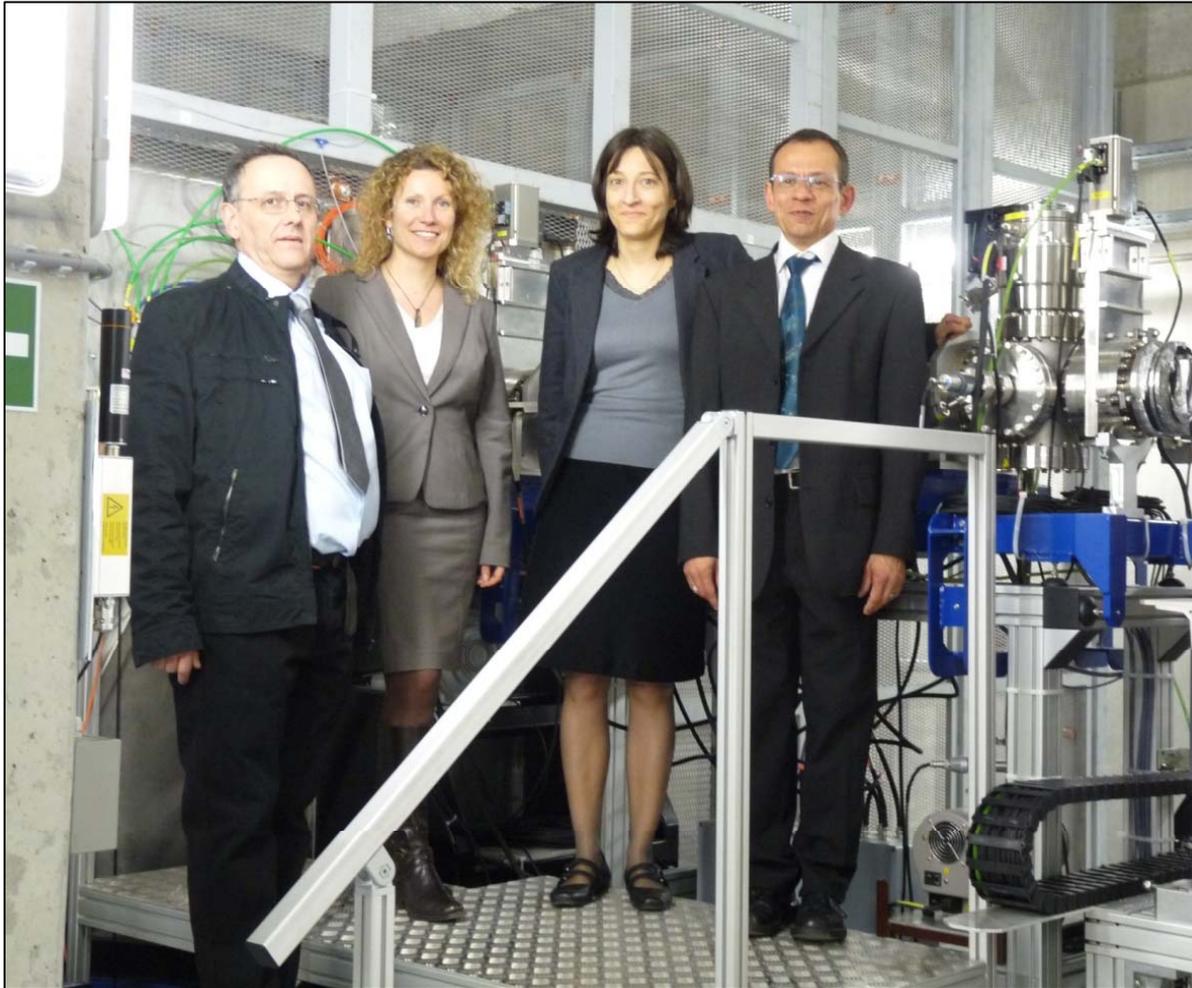
**Ce sont les 2 acteurs clefs de la gestion du projet  
→ entente et communication entre eux essentielles**



## Equipe de pilotage et définition des missions - 2

- **Coordinateur mécanique : Dominique Bondoux**  
Désigné par le responsable scientifique et le coordinateur technique pour compléter leur expertise (recrutement dédié)
- **Coordonner le travail des différentes équipes mécaniques des laboratoires de l'IN2P3 partenaires en particulier de vérifier les interfaces entre les différentes réalisations**
- Assurer le reporting des choix et problèmes mécaniques vers l'équipe de pilotage du projet
- Valider les choix mécaniques si besoin en dernier ressort
- Vérifier l'adéquation des aspects mécaniques de l'accélérateur avec les sites du LPSC et de Mol
- Assurer la coordination des phases de démontage/montage mécanique sur les sites du LPSC et de Mol
- Assurer la communication avec les différentes équipes mécaniques des laboratoires partenaires
- Représenter les responsables des équipes mécaniques engagées des partenaires
- **Equipe de pilotage : resp. scientifique, coord. technique et coord. mécanique complétés par 2 personnes de l'équipe accélérateurs désignés par les resp. scientifique et coord. technique**
  - ❖ la responsable de l'équipe : **Maud Baylac**
  - Pilotage de la conception de l'accélérateur
  - Conduite des développements et des tests de la source d'ions
  - Pilotage et conduite des essais de mise en service au LPSC et au SCK
  - Gestion de l'exploitation au SCK
  - **Gestion des ressources du service accélérateurs dans toutes les phases du projet**
    - ❖ un membre expert de l'équipe : **Jean-Marie De Conto**
  - Assurer la transmission de son expertise des machines de type GENEPI

## Equipe de pilotage



J. Bouvier, M. Baylac, A. Billebaud et D. Bondoux (ou les 4B)

→ complémentarité



## Découpage par tâches (WBS)

- Définition dans le plan de management
- Naturellement, le découpage traduit la structure des équipements de l'accélérateur
- Structure reprise pour la structure de la gestion documentaire
  - 1 numéro WBS → 1 dossier EDMS

# Découpage par tâches - 1

N° WBS	Tâche	dossier EDMS
1.1	<b>Banc de test ( faisabilité )</b>	" Tête HT "
1.2	<b>Récupération matériel Genépi 1</b>	" Tête HT "
1.3	<b>Calculs dynamique faisceau</b>	" Calculs Dynamique Faisceau "
1.4	<b>Filaments Source</b>	" Filament "
1.5	<b>Aménagement locaux (MOL) dont cage de Faraday</b>	" Aménagement locaux MOL "
1.6	<b>Aménagement locaux (LPSC) dont cage de Faraday</b>	" Aménagement locaux LPSC "
1.7	<b>Mécanique</b>	" Mécanique "
1.7.1	Ligne horizontale ( hors Support amovible )	" Ligne horizontale ( hors support ) "
1.7.2	Support/Guidage ligne horizontale avec aimant	" Ligne horizontale ( support ) "
1.7.3	Aimant	" Aimant "
1.7.4	Ligne verticale hors guidage	" Ligne verticale ( hors guidage ) "
1.7.5	Guidage ligne verticale	" Ligne verticale ( guidage ) "
1.7.6	Conception du vide	" vide "
1.7.9	Conception Doigt de Gant	" Doigt de gant "
1.7.10	Diagnostics faisceau	" Diagnostics faisceaux "
1.9	<b>Electricité GENEPI ( LPSC )</b>	" Electricité "
1.9.1	Alimentation HT	" Electricité "
1.9.2	Alimentation Aimant	" Electricité "
1.9.3	Câblage tête haute tension	" Electricité "
1.9.4	Tiroir de sécurité	" Electricité "
1.10	<b>Electronique &amp; Contrôle / commande</b>	" Electronique & contrôle/commande "
1.10.1	Caractérisation Contrôle/Commande	" Electronique & contrôle/commande "
1.10.3	câblage élément contrôle / commande	" contrôle/commande (hardware)"
1.10.4	Electronique de conversion	" élément électronique "
1.10.5	Simulateur pour contrôle / commande	" contrôle/commande (hardware)"
1.10.6	Logiciel contrôle commande	" contrôle/commande (software)"

## Découpage par tâches - 2

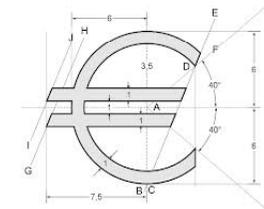
N° WBS	Tâche	dossier EDMS
1.11	<b>Tests &amp; caractérisation</b>	" Tests & caractérisation "
1.12	<b>Démontage &amp; emballage</b>	" Logistique "
1.13	<b>Transport</b>	" Logistique "
1.14	<b>Montage mécanique ( MOL )</b>	" Logistique "
1.15	<b>Câblage électrique ( MOL )</b>	" Logistique "
1.16	<b>Test &amp; validation</b>	" Test & caractérisation "
1.17	<b>Recette</b>	" Test & caractérisation "
1.18	<b>Management</b>	" Management "
1.18.1	Réunions techniques	" compte rendu de réunion "
1.18.2	Réunions scientifiques	" compte rendu de réunion "
1.18.3	Document de sûreté	" Management "
1.18.4	Qualité	" Management "
1.19	<b>Démantèlement</b>	" Démantèlement "
1.20.1	<b>EUROTRANS</b>	" EUROTRANS "
1.20.2	<b>Conférence / Workshop</b>	" Conférence / Workshop "
1.20.3	<b>Tutelle</b>	" Tutelle "
1.20.4	<b>Illustrations</b>	" Illustrations "

Découpage suffisant  
 → Un seul WBS ajouté en cours de projet

# Budget prévisionnel

- Budget du projet : estimé en 2006 à partir du coût réel de GENEPI-2, réactualisé et augmenté des développements (source d'ions, insertion verticale de la ligne faisceau)
- Estimation effectuée en coûts complets
- Besoins identifiés de renfort en mécanique : chiffrage de 3 CDD (335 k€)
  - IR : coordination mécanique, IE : conception, T : montage

	Coût Salaires ( k€)	Coût Externe ( k€)	Coût Total ( k€)
Calculs de la ligne de faisceau, design pour le site de Mol	150	0	150
Source d'ions	180	100	280
Mécanique	240	540	780
Electronique, Electrotechnique	120	155	275
Commandes & Contrôles	180	75	255
Câblage	45	0	45
Montage et tests @LPSC	192	0	192
Démontage, transport, montage & tests @SCK	93	10+40	143
Documents, contrôle qualité	120	0	120
Management technique du projet	120	0	120
Programme Expérimental	180	30	210
<b>Grand total</b>	<b>1620</b>	<b>950</b>	<b>2570</b>





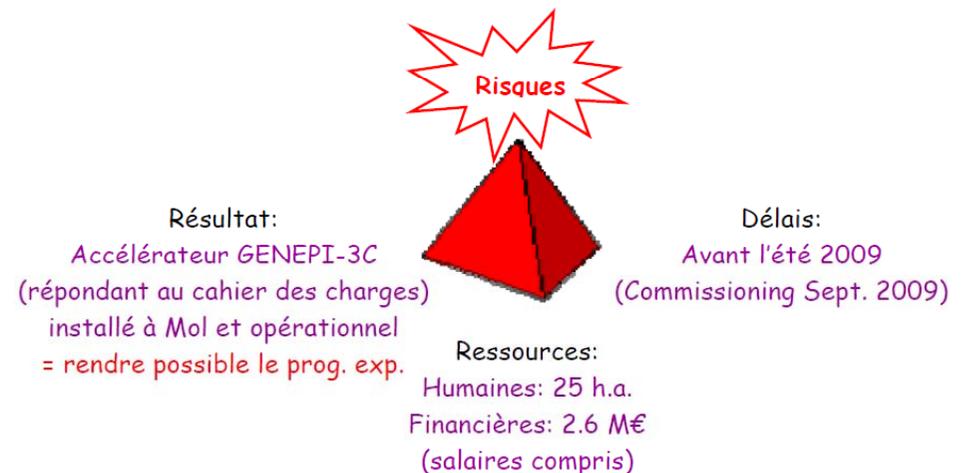
# Planning prévisionnel

- Planning tel qu'établi en 2007 :

- |  |                        |
|--|------------------------|
| • Lancement du projet                                  | Début 2007             |
| • Etudes et conception                                 | Oct 2007               |
| • Fabrication et assemblage au LPSC                    | Nov 2007 - Oct 2008    |
| • Commissioning machine au LPSC (3 étapes successives) | Oct 2008 - Janv 2009   |
| • Démontage et transfert vers le SCK                   | Février - Mars 2009    |
| • Assemblage au SCK                                    | Mars - Mai 2009        |
| • Commissioning machine au SCK                         | Juillet-septembre 2009 |
- 
- Planning du projet
    - défini par le coordinateur technique avec MSProject
    - mis à jour tous les ~ 6 mois

# Analyse de risques - 1

- Recensement des risques effectué par l'équipe de pilotage en octobre 2007 avec l'aide de
  - B. Launé et L. Grandsire pour l'IN2P3
  - le responsable technique du LPSC (à l'époque : T. Lamy)
- Evaluation effectuée selon la démarche de maîtrise des risques de l'IN2P3
- Identification des risques
  - externes au projet (1xx)
  - scientifiques et techniques (2xx)
  - liés aux sous-traitants (3xx)
  - humains et organisationnels (4xx)
- Détectabilité des risques non étudiée
- Grille d'évaluation d'impact à 3 niveaux (1,2,3) s'est avérée insuffisante
  - 4 niveaux
- Criticité = gravité x proba d'occurrence



## Analyse de risques - 2

- 78 risques identifiés :
  - externes au projet : 16
  - scientifiques et techniques : 35
  - liés aux sous-traitants : 6
  - humains et organisationnels : 21

Criticité du risque		Gravité d'impact				
		0 : nulle	1 : faible	2 : moyenne		3 : forte
Probabilité d'occurrence	0 : nulle	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>0</b>
	1 : faible	<b>0</b> 320	<b>1</b> 105, 106a, 108 (108a), 203, 209 (210), 215, 314, 318, 420	<b>2</b> 102, 102a, 106, 107, 112a, 202, 204, 206, 207, 208, 210a, 211a, 211b, 218 (219), 221, 222, 226, 321, 401, 402, 403, 405, 407, 409, 415, 417		<b>3</b> 110, 111, 211, 211c, 211d, 211g, 224, 225, 226a, 411
	2 : moyenne	<b>0</b>	<b>2</b> 105b, 211f, 312	<b>4-</b> 102b, 102c, 217, 223, 406, 414	<b>4</b> 210b, 211, 212	<b>6</b> 205
				<b>4</b> 227	<b>4+</b> 215a, 322, 416 (416abc)	
3 : forte	<b>0</b>	<b>3</b> 105a	<b>6</b> 412, 413		<b>9</b>	

→ Mise en évidence de 6 risques majeurs

# Les risques majeurs

## • Les 6 risques majeurs sont :

- Fonctionnement de la source d'ions non conforme au cahier des charges - 205 (6)
- Délai global annoncé irréaliste avec marges insuffisantes - 412 (6)
- Délai annoncé d'une ou plusieurs phases du projet ne soit pas correct - 413 (6)
- Temps limité pour les tests machine à Grenoble - 215 a (4+)
- Pérennité des ressources humaines - 416 (4+)
- Délai de fabrication imprévu - 322 (4+)

➔ **fiche de risques spécifiques**

## • Suivi des risques majeurs réparti sur l'équipe de pilotage:

- source : délai max pour l'obtention du cahier des charges

✓ **Source conforme aux spécifications**

- temps de tests au LPSC : horaires étendus, en équipe

✓ **Tests accomplis mais rapidement (repris au SCK)**

- délais irréalistes : suivi très rapproché du planning

**Glissement de planning, compatible avec celui du SCK**

- ressources humaines : suivi rapproché

**Pas de gros problème jusqu'à la phase de fin de projet**

Auteur : J.Bouvier		N° : 205	Indice : 0		
Designation du risque : Fonctionnement de la source d'ions duoplasmatron non concluant					
Date d'ouverture :		Date révision :			
Nombre de niveaux d'estimation retenus : Ex. 3 niveaux : Occurrence 0: Nulle/Amas, 1: Faible/Improbable, 2: moyenne/probable, 3: forte/très probable Impact 0: Nul/sans effet, 1: Faible/négligeable, 2: Moyen/sérieux, 3: Fort/critique Délicatibilité 1: Forte, 2: Moyenne, 3: Faible					
<b>IDENTIFICATION DU RISQUE</b>					
Description : Mode continu de la source ne répond pas au cahier des charges technique					
Conséquence(s) éventuelle(s) :					
Spécification en cours non atteintes :					
Cause(s) probable(s) :					
R&D non effectuée avant le lancement du projet (ionisation du plasma non suffisante)					
<b>ANALYSE (INITIALE) DU RISQUE</b>					
	Impact	3	/	Gravité	
Coût :	Délais :	Performances :	RH :	Occurrence	2
				Délectab.	
				Criticité	6
Délai avant impact :					
<b>PLANIFICATION DU RISQUE</b>					
Responsable :	Début ie : 11/12/07		Stratégie(s) type (réduction, ...) :		
M.Baylac	Fin ie :		Réduction de probabilité gravité ?		
Justification de la stratégie : Performance non négociable					
Démarche de planification retenue (qui, quoi, quand, comment) :					
- transfert de connaissances de l'IPNO					
- banc test source en parallèle avec réalisation machine					
- activité prioritaire (si personnes sur plusieurs tâches)					
Prise de marges/ Performance :		Coût : Commande source 2 (ECR)			
Délai : fabrication, adaptation, pilotage (6 mois) et impact sur versatilité de la machine					
Prévision d'actions après occurrence :					
- point sur avancement duo février : cahier des charges source ECR (coût, délai)					
- réunion extraordinaire tutelles (IN2P3, SCK)					
- renégociation du délai					
- mise en place option deux sources machine à (coût)					
<b>SUIVI DU RISQUE</b>					
Auteur : J.Bouvier				Date : 01.02.08	
	Impact	/	Gravité	Occurrence	
Coût :	Délais :	Performances :			
Modification du plan de réponse :					
Prise de marges/ Performance :		Coût :		Délai :	
<b>CONTROLE DU RISQUE</b>					
Approbateur :		Décision :		Date :	
Instructions relatives au risque :					
Justification (si fermeture de fiche) :					

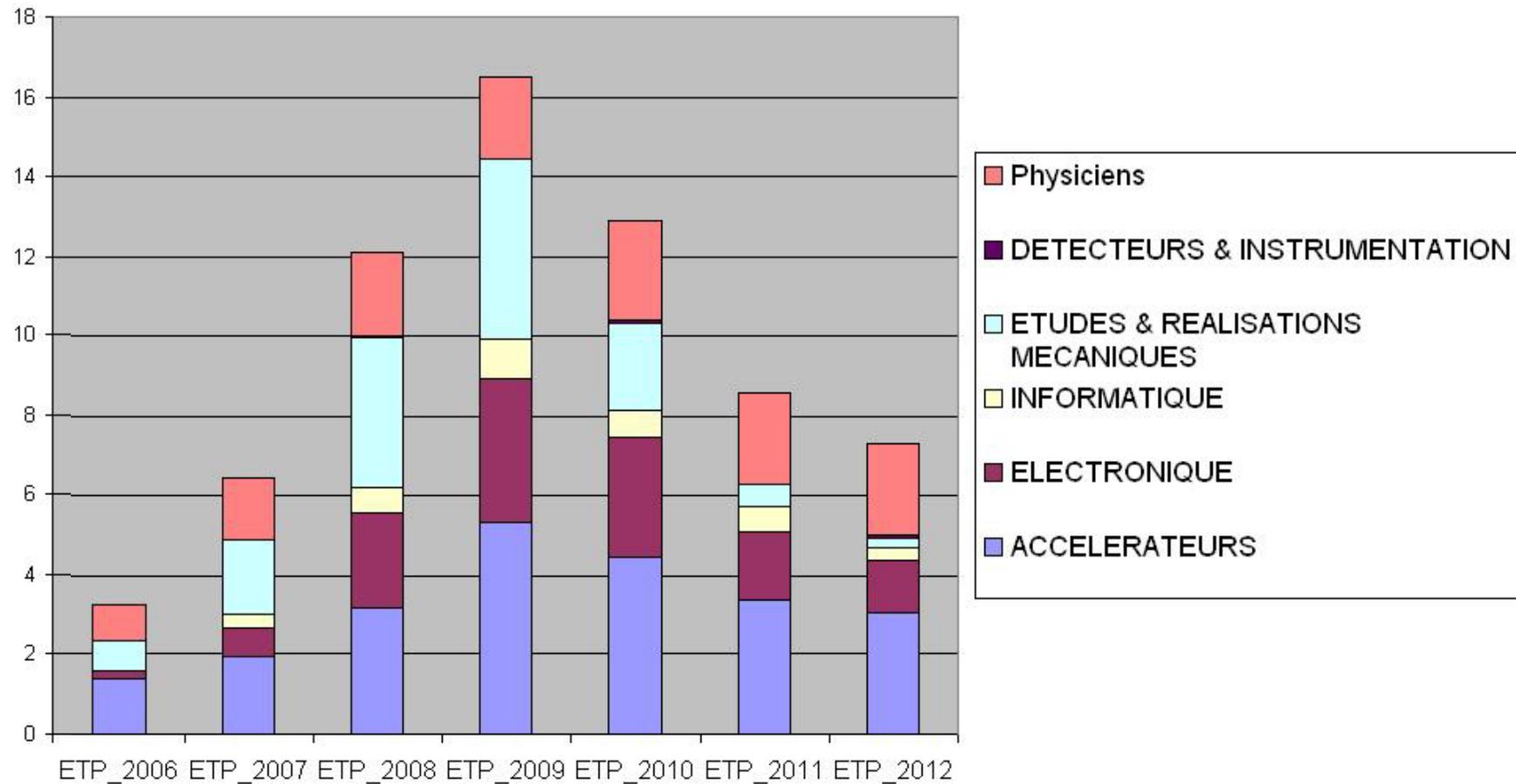
# Acteurs du projet du LPSC

- Equipe accélérateurs du pôle (total de 12 personnes)
    - 9 personnes pr technique + 1 personne pr suivi des commandes
  - Service d'Etudes et de Réalisations Mécaniques (total de 15 personnes)
    - 5 personnes + 1 CDD coord. méca. + 3 CDD conception, construction et montage
  - Service Electronique (total de 20 personnes)
    - 6 personnes pr hardware du contrôle-commande, alimentations
  - Service Informatique (total de 13 personnes)
    - 1 personne pr software du contrôle-commande
  - Service Détecteurs et Instrumentation (total de 12 personnes)
    - 1 personne pr fabrication de filaments
  - Service Administratif et Financier (total de 8 personnes)
    - 1 gestionnaire principale
- Important sur toute la durée du projet
- Variable selon les phases du projet

~ structure commando avec l'équipe accélérateurs

# Répartition des ETP au LPSC

Guinevere



**Le plus gros projet technique du LPSC (2008-2010)**

# Responsabilités, compétences et interlocuteurs techniques - 1

- Pour construire l'accélérateur dont le LPSC a assuré la **maîtrise d'œuvre**, montage d'une collaboration IN2P3 (depuis 2007)
  - **LPC Caen : support et guidage de la ligne verticale**  
mécanique → 1 contact mécanique LPC Caen : JM. Gautier†, puis Y. Merrer
  - **IPN Orsay : dipôle et refroidissement**  
magnétisme, mécanique, instrumentation
    - 1 contact méca/instrum. IPNO : D. Reynet
    - 1 contact magnétisme IPNO : B. Launé
  - **IPHC-DRS: doigt de gant, cible, refroidissement, calculs vide, support mobile**  
mécanique, instrumentation
    - 1 contact méca/instrum. IPHC-DRS : G. Gaudiot
  - **LPSC Grenoble : tout le reste**  
physique des réacteurs, accélérateurs, dynamique de faisceau, sources d'ions, mécanique, électronique, électricité, instrumentation
    - 1 contact physique LPSC : AB
    - 1 contact électronique LPSC : JB (double fonction)
    - 1 contact mécanique LPSC : DB
    - 1 contact accélérateur LPSC : MB



# Responsabilités, compétences et interlocuteurs techniques - 2

- Pour la modification du réacteur, dont le SCK a assuré la maîtrise d'œuvre
  - physique et coordination projet: conception et exploitation
    - 1 contact physique SCK : P. Baeten, puis G. Vittiglio
  - mécanique : conception et chantier
    - 1 contact mécanique SCK : G. Bergmans
  - électronique : conception et exploitation
    - 1 contact électronique SCK : C. Van Grieken
  - sûreté, radioprotection : conception, licensing et chantier
    - 1 contact sûreté SCK : F. Vermeersch, puis B. Martens



# L'équipe projet élargie du LPSC

- Toutes les compétences mises en œuvre au LPSC (~ 30 personnes):  
Physique des réacteurs, accélérateurs, méca/élec : conception et fabrication,  
services généraux, administration, direction



# L'équipe projet IN2P3-SCK pendant la conception

- Interlocuteurs principaux LPSC, LPC Caen, IPHC-DRS, IPNO, SCK et physiciens lors d'une réunion technique (~30 personnes)



# L'équipe projet IN2P3-SCK pendant la construction

- Interlocuteurs principaux LPSC, LPC Caen, IPHC-DRS, IPNO, SCK et qq collaborateurs lors d'une réunion technique (~20 personnes)



# L'équipe projet IN2P3-SCK pendant l'exploitation

- Equipe élargie SCK, pilotes et physiciens lors du premier couplage (~20 personnes)



# Réunions

- Différents types de réunions entre les collaborateurs ont été organisées pour l'installation expérimentale en fonction des besoins (techniques ou projet, un ou plusieurs labos) et des phases (conception, construction, exploitation) :

- Pré-projet: une réunion au LPSC et une visite à Mol

- Réunions techniques

- phase de conception : réunions LPSC et réunions de collaboration

- phase de construction : LPSC : réunions de chantier et SCK : réunions préparatoires

- phase d'exploitation : qq réunions au LPSC

- Réunions projet : gestion du projet



sans compter toutes les réunions de physique (GEDEPEON, ECATS)

**Tous les membres de l'équipe de pilotage aux réunions internes et externes d'avancement**

**→ Conserver le même niveau d'information sur les points principaux**

**→ Faciliter les échanges et remplacements mutuels en cas de défaut au sein de l'équipe**

# Réunions de conception au LPSC

- Objectifs : conception des différents sous-systèmes de l'accélérateur
  - présentation et discussion des options
  - prise de décision
- Equipe projet du LPSC réunie par thématique
  - mécanique
  - électronique et contrôle-commande
  - électricité et alimentations
- Participants : acteurs de la thématique + équipe de pilotage
  - ~8 personnes maximum
- Mécanique :
  - réunions hebdomadaires dans un créneau constant (jeudi 10h), dans une même salle
  - durée : 1h- 1h30 maximum



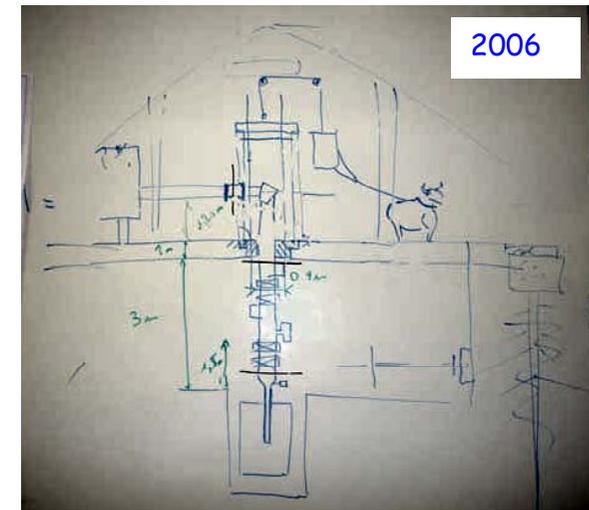
→ La fréquence hebdomadaire a permis de maintenir un rythme soutenu pour la conception

# Organisation des réunions techniques

- Réunions de collaborations entre les partenaires IN2P3 et SCK-CEN (voire européens, FZK)
  - standards : récurrentes tous les ~ 2 mois  
*16 meetings d'octobre 2006 à juin 2009*
  - si point spécifique : réunions dédiées  
*dernier meeting : logistique du transfert de la machine*

## • Objectifs :

- présentation de l'avancement des différentes tâches
  - aspects techniques : discussions et prise de décisions
- et si besoin, aspects projet (budget, planning), sécurité



## • Evolution de l'organisation de ces réunions

- initialement : brainstorming, discussions à bâtons rompus sur faisabilité (fin 2006)
- au fur et à mesure : structuration
- routine: organisation sur 2 jours
  - réunions : 2 demi-journées
  - voyage : 2 demi-journées

**Meeting court et dense → Nécessité d'être efficace  
→ Choix des participants important**



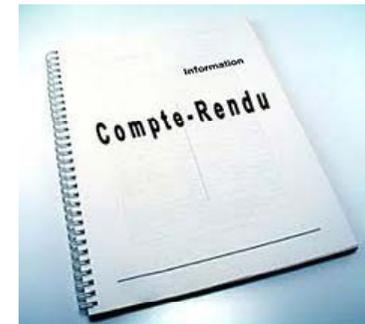
# Préparation des réunions techniques

- Chaque participant récurrent rapporte sur sa tâche en cours, réunions parfois élargies aux « acteurs de terrain »
  - Connaissance de l'avancement du projet et implication
  - Permet aux acteurs de l'équipe projet d'apprécier l'ambiance amicale IN2P3/SCK
    - motivation de l'équipe projet
- Réunions organisées et accueillies alternativement par l'IN2P3 et le SCK
  - localisation parmi qq sites pour répartir la contrainte et le coût des déplacements (LPSC, SCK et Paris, Bruxelles ou Lyon pour leur facilité d'accès)
  - en France, organisation grâce au réseau IN2P3 (IPNO, LPNHE, CCPN)
- Agenda :
  - validation préalable par les contacts principaux des différents partenaires
  - diffusion ~ 1 semaine au préalable
- Logistique
  - déjeuners (parfois diners) : pris en charge par le participant hôte
    - gain de temps pour une réunion efficace
  - hôtels : à la charge des missionnaires
  - + diners : permettent de souder l'équipe projet



# Suivi des réunions techniques

- Suivi des actions et compte-rendus :
  - en début de réunion : suivi des actions, mise à jour de la liste → JB
  - en fin de réunion : relevé de décisions et d'actions → MB
  - après la réunion (sous ~1 semaine) : minutes de réunion très détaillées → AB
  - diffusion pour validation par les différents partenaires
- Saisie sous EDMS de tous les documents relatifs à la réunion sous 10-15 jours → AB
  - CR, relevé d'actions et de décisions
  - plans, images, documents, ..

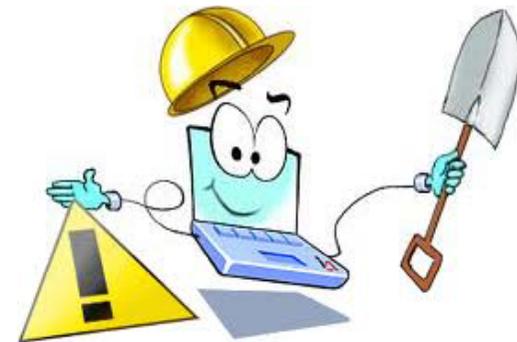


→ Diffuser rapidement pour rester pertinent

→ Gros travail de secrétariat (prise de notes, CR)

# Réunions de la construction au LPSC

- Objectifs :
  - planification et organisation des travaux de construction, montage et tests
  - retour sur les tests
  - validation de design ou ré-orientation des développements
- Participants : équipe projet du LPSC pour la construction de la machine
- Réunions de chantier hebdomadaires dans un créneau constant : lundi 10h, dans une même salle proche du chantier
- Compte-rendu synthétique, diffusé le jour même → MB



**→ La fréquence hebdomadaire a permis de maintenir un rythme soutenu pour la construction**

# Réunions de la construction au SCK

- Réunion préparatoire avec ULISSE au LPSC pour l'organisation du transfert de la machine
- Dernière réunion technique : dédiée à la logistique du transport avec les acteurs clefs
- Pas ou peu de discussions préparatoires avec le SCK sur le montage au SCK
  - chaque lundi, le responsable de chantier présente au SCK les tâches prévues pour la semaine
- Quelques réunions organisées au LPSC au sujet de l'assemblage au SCK
  - difficulté car une partie de l'équipe à Mol, une partie au LPSC



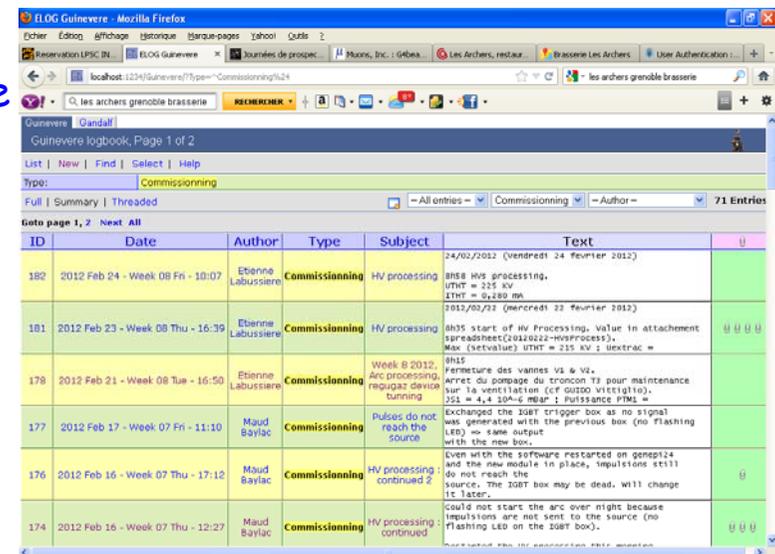
# Réunions projet

- Objectifs : coordination projet
  - bilans financiers, stratégiques, RH,
  - évolution de notre organisation projet (auto-critique)
  - anticipation des problèmes (forme de mitigation des risques spontanée)
- Fréquence liée aux échéances de demande de budget national et de reporting pour contrat européen et parfois pour traiter des problèmes spécifiques (RH, budget)
- Participation limitée à l'équipe de pilotage



# Outils et standards d'échanges

- Echange d'informations standard
  - Documents papiers (Word, pdf) et beaucoup d'emails (mailing lists)
- Conception mécanique
  - pour l'IN2P3 : définition sous le logiciel **CATIA**  
partage des fichiers sous **SMARTTEAM**
  - avec le SCK : définition sous **Autodesk inventor**  
échange de fichiers au format **STEP**
- Electronique : circuit imprimé: **Allegro design Entry**  
**Allegro PCB design**  
FPGA : **Xilinx ISE Design suite**
- Développement logiciel : **Labwindows (NI)**
- Informations liées à l'exploitation :
  - logbook électronique accessible par tous (IN2P3, SCK)
  - accélérateur et physique

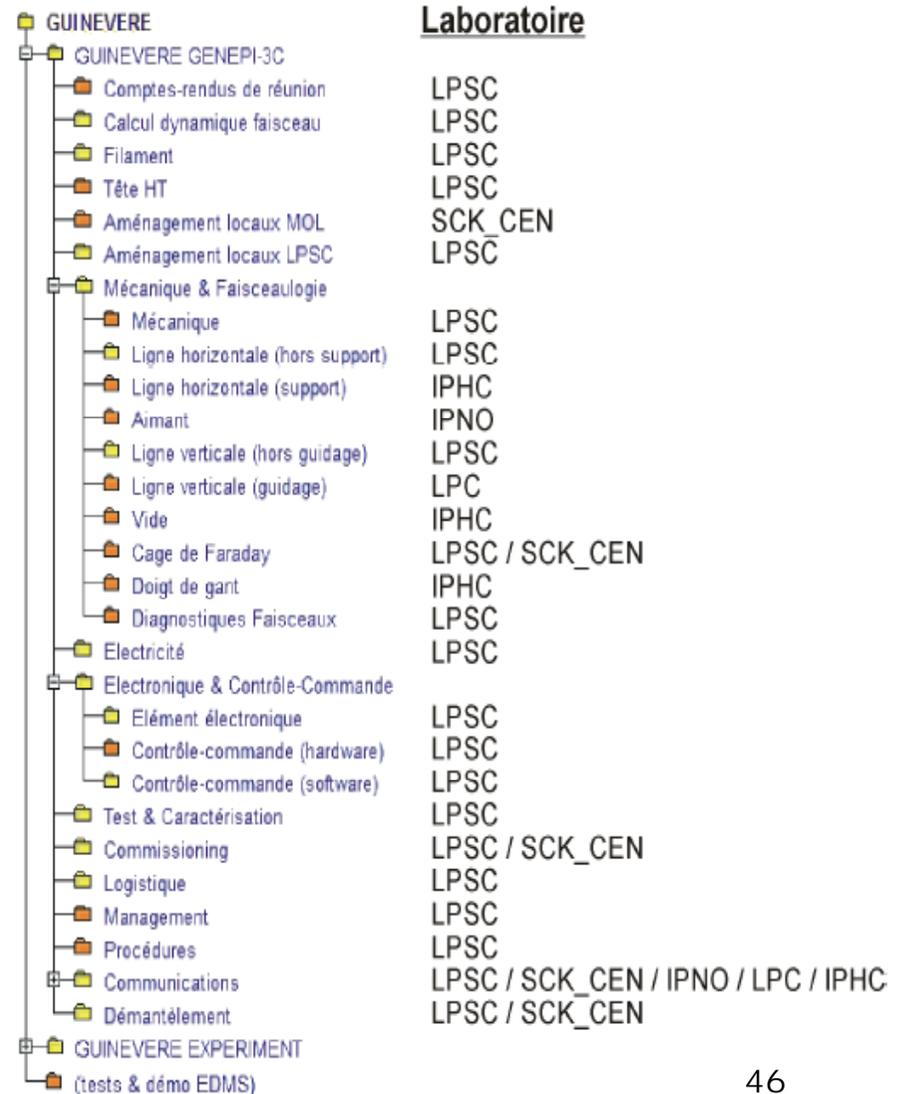


ID	Date	Author	Type	Subject	Text
182	2012 Feb 24 - Week 08 Fri - 10:07	Etienne Labussiere	Commissionning	HV processing	24/02/2012 (vendredi 24 février 2012) BNSB HVs processing, UTHT = 225 kV LTHT = 0,280 mm
181	2012 Feb 23 - Week 08 Thu - 16:39	Etienne Labussiere	Commissionning	HV processing	2012/02/23 (mercredi 23 février 2012) BNSB start of HV Processing. Value in attachment spreadsheet(20120222-HVSPROCESS). Max. (Setvalue) UTHT = 225 kV ; Lextrac =
178	2012 Feb 21 - Week 08 Tue - 16:50	Etienne Labussiere	Commissionning	Week 8 2012; Arc processing; raguzat device tuning	BNSB Fermeture des vannes V3 & V4. Arrêt du pontage du tronçon T3 pour maintenance sur la ventilation (cf GUIDO VITTEG110). J51 = 4,4 10A-6 mbar ; Puissance PIMS =
177	2012 Feb 17 - Week 07 Fri - 11:10	Maud Baylac	Commissionning	Pulses do not reach the source	Exchanged the ZGBT trigger box as no signal was generated with the previous box (no flashing LED) => same output with the new box.
176	2012 Feb 16 - Week 07 Thu - 17:12	Maud Baylac	Commissionning	HV processing: continued 2	Even with the software restarted on gene124 and the new module in place, impulses still do not reach the source. The ZGBT box may be dead. Will change it later.
174	2012 Feb 16 - Week 07 Thu - 12:27	Maud Baylac	Commissionning	HV processing: continued	Could not start the arc over night because impulses are not sent to the source (no flashing LED on the ZGBT box). Restarted the HV processing this morning.

# Gestion documentaire

- Squelette pour tous les partenaires  
Auteur, valideur, historique modifs, acronymes, ...
- Référence : **GUI-AAA-WBS-xx-LABO**  
GUI: GUINEVERE  
AAA : type de document  
WBS : numéro de tâche  
xx : numéro du document  
LABO : nom du labo
- Utilisation d'EDMS
  - nouveau pour le SCK et le CEA
- Droits d'accès différents selon les labos
- Ajout de la catégorie « Procédures » en 2012

→ Très bien fonctionné  
(question de la validation)



# Préparation de l'aire expérimentale au LPSC



*Blocs de support sous la plateforme*



*Entrée de la casemate GENEPI-3C*



*Vue d'ensemble de la plateforme de l'accélérateur*



*Perçage de la dalle pour le passage de la ligne verticale*

# Gestion du chantier au LPSC

- Travail étalé dans le temps
  - préparation de l'aire expérimentale : mars 2008
  - montage de la dernière section de l'accélérateur : juillet 2009
- Chantier géré naturellement par le coordinateur mécanique
- Tous les acteurs présents au labo
- Accueil des collaborateurs IN2P3 pour les essais de leurs systèmes
- Pb lié à l'aire expérimentale : coût important (plateforme), pas vraiment anticipé



→ Gestion de chantier sans difficulté particulière

# Construction de la salle accélérateur au SCK-CEN



Avril 2009

# Gestion du transport

- Démontage et emballage de la machine : sep 2009
- Transport vers Mol : fin sep - début oct.
  - 3 camions
  - 16 tonnes de matériel
  - Valeur estimée ~ 1 M€
  - Cellule logistique ULISSE du CNRS
  - Excellente qualité de service



Accident de déchargement au SCK → Équipement endommagé

# Gestion du chantier au SCK - 1

- Remontage rapide grâce au transfert de sous-ensembles : sep 2009 - mars 2010
- Participation au montage à Mol sur la base du volontariat
- *Gestion par un membre de l'équipe de pilotage (sans expérience spécifique) chaque semaine*
  - Difficulté liée à l'absence de recouvrement des personnes
  - Transmission des infos: cahier de montage à Mol + appels téléphoniques fréquents
- Travail effectué par 3 personnes de la collaboration IN2P3 + responsable de chantier avec planification des missions des collaborateurs hors LPSC pour les essais de leurs systèmes



## Gestion du chantier au SCK - 2

- Très vite, travail en autonomie coté matériel (sauf besoin accès atelier, équipements de sécurité) pour les personnels IN2P3
  - acceptation des habilitations pontier et cariste des personnels français
- Parfois, pb de mise à disposition du matériel adéquat, mais globalement SCK très réactif pour support à notre installation (très différent de la situation actuelle avec la contrainte de zone contrôlée)
- Accident de personne à déplorer: chute d'une trappe de toit et non port du casque



- ❖ Organisation du chantier à Mol : compliquée et délicate
  - ➔ point faible du projet, mais rapide malgré tout
- ❖ Globalement bonne entente/entraide dans les groupes de montage même mixtes IN2P3
  - ➔ Les diners permettent de souder les différentes équipes

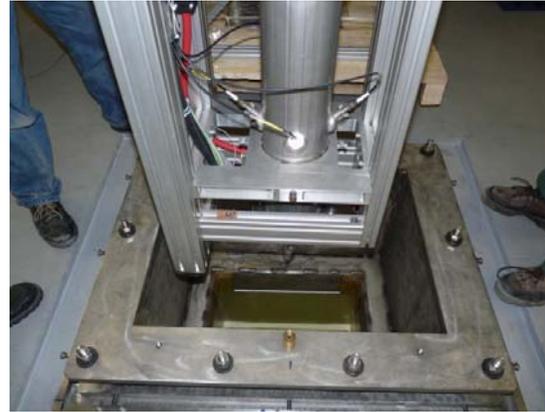
# Réception et remontage au SCK-CEN



# Ligne verticale : acheminement



# Manipulation de la ligne verticale



# GENEPI-3C au SCK-CEN : niveau haut



Horizontal beam line, magnet retracted



Vertical beam line ready for insertion

## Ligne verticale insérée dans le coeur



Niveau bas: ligne verticale insérée dans le cœur  
(phase de test)



## Partie III

- **Grandes leçons tirées du projet**
  - réalisé vs prévisionnel
  - difficultés techniques
  - difficultés projet
  - retombées au niveau du LPSC
  - communication
  - les clefs du succès?



## Réalisé vs prévisionnel (en cours de finalisation)

- Travail sur le projet en considérant dans l'ordre performances / délais / coûts
- Les performances demandées sont en grande partie atteintes, ou en cours d'optimisation
- Pour minimiser les délais de livraison de la machine, nous avons, par exemple, effectué en partie les essais au LPSC pendant le changement des transformateurs qui alimentent le labo
  - location d'un groupe électrogène et travail alors que le LPSC était fermé!
- Nous avons eu la chance d'avoir des compléments budgétaires grâce aux programmes européens et CNRS (PACEN)
  - bon suivi dans l'attribution des ressources financières: capital
- Il nous reste à faire:
  - Réunir l'équipe de pilotage pour faire notre bilan (REX, auto-critique, ce qu'on ferait différemment)
  - Faire circuler un questionnaire anonyme aux participants du labo (ce que vous avez aimé dans ce projet, ce que vous n'avez pas aimé) pour finir la post-analyse

# Planning réalisé

- Premières discussions, « pré-projet »
- **Obtention du financement européen**
- Etudes et conception
- Fabrication et assemblage au LPSC
- Commissioning machine au LPSC (3 étapes successives)
- Démontage et transfert vers le SCK
- Assemblage au SCK
  
- Commissioning machine au SCK
  - rapport autorités sûreté , attente autorisation  
+ commissioning réacteur phase critique
- Autorisation de couplage de GENEPI-3C avec le réacteur
- **Premier couplage**
- Depuis, exploitation pour le programme expérimental

mi 2006

déc 2006

2007-2008

2008-2009

sep 08-août 09

sep 2009

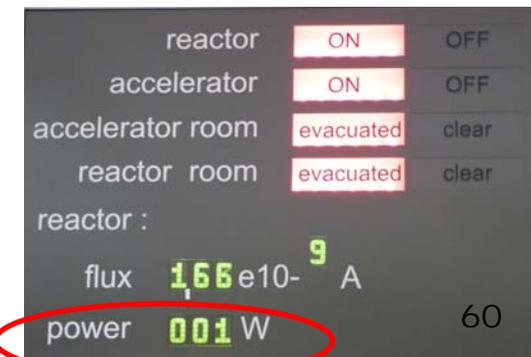
sep 09-fév 10

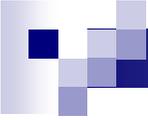
mars-sep 2010

sep 2011

oct 2011

**Conception → mise en œuvre : 4 ans  
+ 1 an d'attente des autorisations de sûreté**





# Planning prévisionnel

- Planning du projet
  - défini par le coordinateur technique avec MSProject
  - mis à jour tous les ~6 mois
- Planning tel qu'établi en 2007 :
  - Etudes et conception Oct 2007
  - Fabrication et assemblage au LPSC Nov 2007 - Oct 2008
  - Commissioning machine au LPSC (3 étapes successives) Oct 2008 - Janv 2009
  - Démontage et transfert vers le SCK Février - Mars 2009
  - Assemblage au SCK Mars - Mai 2009
  - Commissioning machine au SCK Juillet-septembre 2009

# Budget réalisé

## • Dépenses d'équipements

	Collabo.	LPSC	GRAND TOTAL
Prestation/service		3.9	3.9
Equipements mécanique/vide	86.99	518.2	605.2
Equipements électrique/électronique	10.0	214.7	224.7
C&C (Info)	0	27.39	273.9
Infrastructure (Aménag. bât)	0	110.9	110.9
Transport/emballage (LOG)	0	36.4	36.4
LOG récup Cad	0	5.2	5.2
Consommable	0	1.1	1.1
Outillage		12.69	12.7
<b>Total</b>	<b>96.99</b>	<b>930.6</b>	<b>1027.6</b>

+8% par rapport  
au prévisionnel

## • Coûts de personnels sur contrat pour un total de 359 k€

- CDD IR coordinateur mécanique
- CDD IE conception mécanique
- CDD AI montage
- CDD T montage

## • Missions : ~100 k€

Soit un total de dépenses de 1.486 M€

→ en accord avec les attributions



# Difficultés techniques

- Source d'ions en mode continu
  - pas assez de temps de R&D, on découvre les problèmes sur site pendant l'expérience
  - usure rapide des filaments de source
    - grosse maintenance pour leur échange (2 à 3 semaines)
- Gestion des hautes tensions dans un environnement non optimal (humidité, chaleur)
- Bâtiment : quelques petites mauvaises surprises à la construction
  - pénétration dans la casemate pour passage de câbles mal situé
  - problèmes thermiques et phoniques (ventilation très bruyante) dans la salle de pilotage
- Gestion du chantier :
  - manque d'expérience de l'équipe de pilotage et difficulté liée à l'absence de recouvrement des personnes
  - partage de chantier avec intervenants extérieurs équipements bunker (sous-traitance: peintre, électriciens, ventilation...)
    - partage de la place, échafaudages, poussières de perçages en cours, odeurs de peinture, bruit..



# Difficultés projet - 1

- Interface avec le SCK
  - chantier : question de la langue pour les personnels techniques
    - les techniciens flamands ne parlent pas français, mais plutôt anglais
    - les techniciens français ne parlent pas (ou peu) anglais
  - exploitation : surcharge de travail des personnels du SCK
    - manque de disponibilité des agents pour exploiter le réacteur
- Missions : très nombreuses et longues représentent un investissement très important de certains agents (chantier, exploitation, maintenance) :
  - par exemple, pour une personne de l'équipe accélérateurs : 37 jours sur 6 mois !
    - Comment récompenser ces agents?
  - absence de recouvrement temporel des agents
    - Comment faire communiquer efficacement les membres de l'équipe
- Structure matricielle versus structure projet
  - difficulté pour le resp. technique au sein de son service technique du LPSC



## Difficultés projet - 2

- Contrainte stressante du temps notamment lors du montage au SCK : l'empilement des phases qui oblige à s'installer vite à Mol pour laisser ensuite la place aux autres phases dédiées au réacteur (qui immobilisent l'accélérateur)
- Gestion de la fin de construction : qq éléments toujours pas construits au LPSC!
  - Comment maintenir la dynamique quand le projet est en phase d'exploitation ?
- Informatique :
  - une seule personne impliquée → problématique
  - compétence non représentée dans l'équipe projet
- Quelques rares personnels ont refusé d'aller en mission au SCK
  - problème pour l'intervention sur certains systèmes (support téléphonique uniquement)
  - problème de suivi de certains systèmes (distribution électrique)
- Secrétariat:
  - pour un projet de cette ampleur, une aide en secrétariat aurait été utile (notes, CR)
    - sous-traitance possible avec un administratif sous contrat



## Retombées au niveau du labo

- Prises de responsabilités de certains personnels, plusieurs promotions (T, IE, CR)
- Embauches de CDD
  - sur 4 personnes sur contrat en mécanique (IR, AI), 3 ont été pérennisées au LPSC :
- Meilleure visibilité du labo (et de l'IN2P3) au niveau national et international pour les accélérateurs et dans la thématique des réacteurs
- Formations de « nouveaux » personnels sur un projet concret d'accélérateur
- Equipements pour le labo (commissioning machine)



# Communication scientifique

- Présentations et publications pour l'accélérateur (sans compter les publis des physiciens)
  - ❖ **Présentations orales invitées dans des conférences et workshops internationaux**
    - Particle Accelerator Conference 2011 (PAC'11), New York, USA
    - 1<sup>st</sup> International Workshop on Accelerator-Driven Sub-Critical Systems & Thorium Utilization, 2010, Virginia Tech (USA)
  - ❖ **Présentations en conférences et workshops (+ proceedings):**
    - 8<sup>th</sup> International Topical Meeting on Nuclear Applications of Accelerators 2007 (AccApp'07) , USA
    - 9<sup>th</sup> International Topical Meeting on Nuclear Applications of Accelerators 2009, Austria
    - 10<sup>th</sup> International Topical Meeting on Nuclear Applications of Accelerators 2011, USA
    - 5<sup>th</sup> International Workshop on the Utilisation and Reliability of High Power Proton Accelerators (HPPA'07) , Belgium,2007
    - Particle Accelerator Conference 2009 (PAC09), Vancouver, Canada
  - ❖ **Séminaire :**
    - Jefferson Lab (USA), septembre 2010
  - ❖ **Publications :**
    - NIM à venir

# Communication

- Inauguration officielle par les ministres belges de la Recherche et de l'Energie en mars 2010

- Nombreuses visites de GENEPI-3C

- en test au LPSC : fête de la science, scolaires, étudiants
- en exploitation au SCK (personnalités belges et étrangères, financeurs projet MYRRHA)

→ Promotion du projet MYRRHA

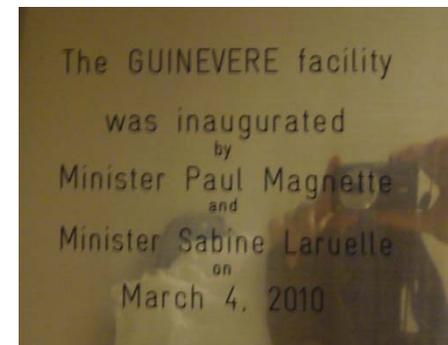
- Conférences de presse en janvier à Paris et Brussels tenues par

- A. Billebaud, A. Muller (CNRS)
- F. Deconinck, H. Aït Abderrahim and P. Baeten (SCK·CEN)

en présence de journalistes français et belges  
AFP, France Info, France Inter, La Recherche, Industries et technologies, Le Figaro, Le Monde, Revue Générale Nucléaire, RFI, Sciences et Avenir

→ qq articles /chroniques (journaux, radio)

- Article dans « Le journal du CNRS » (Mars-Avril)



10 | Actualités | CNRS LE JOURNAL

### Physique

## Une nouvelle piste pour traiter les déchets radioactifs

AMR SEBASTIAN ESCOBAR

Le premier réacteur nucléaire au plomb piloté par un accélérateur de particules vient d'être mis en marche en Belgique dans la Guinevere. Il s'agit d'une machine fonctionnelle d'un nouveau type de réacteur qui, s'il ne produira pas d'électricité, permettra de traiter les déchets radioactifs produits par les centrales nucléaires. Mené par le Centre belge d'études de l'énergie nucléaire, ce projet bénéficie d'une importante collaboration du CNRS, qui a notamment construit son accélérateur de particules.

Au cœur de Guinevere, à la différence des centrales nucléaires classiques, les réactions de fission – lorsqu'un atome lourd est brisé – ne sont pas auto-entretenues. C'est le bombardement d'une cible située au centre du réacteur par des particules accélérées qui entretient la réaction en chaîne. Lorsque l'accélérateur est coupé, le réacteur s'arrête. La preuve expérimentale que ce genre de réacteur est viable est désormais faite. Reste à mieux maîtriser et modéliser certains aspects physiques et techniques : la Guinevere est un outil de recherche qui va nous servir à mettre au point les procédures pour contrôler le fonctionnement de ce type d'installation », explique Anrick Billebaud, responsable du projet à l'Institut national de physique nucléaire et des physiques des particules.

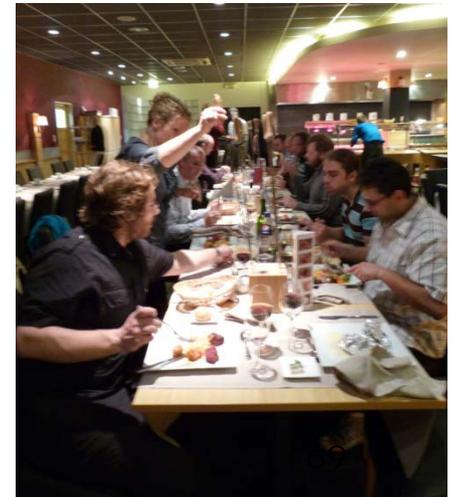
La phase suivante sera la construction de Myrrha, toujours en Belgique, un réacteur plus grand qui devra voir le jour en 2033. Son but principal sera de réaliser des expériences sur la fusion de déchets nucléaires très radioactifs, d'une vie estimée à mille ans, pour les convertir en déchets de moindre radioactivité et de moindre durée de vie. Ces déchets sont principalement des actinides plus lourds que le plutonium, tels le curium ou l'amercurium, qui se forment lorsque l'uranium du combustible capture des neutrons dans le cœur des centrales nucléaires, précise Anrick Billebaud. Ce genre de réacteur permettra de les traiter par une réaction dite de transmutation. Les neutrons rapides produits dans son cœur seront utilisés pour briser ces atomes lourds en d'autres atomes moins radioactifs.

D'autres applications attendent également Myrrha. Il servira, par exemple, à fabriquer des isotopes radioactifs à usage médical ou à réaliser des expériences sur de nouveaux matériaux pour produire et les évaluer. On comprend que la mise en fonction de Guinevere suscite tant d'enthousiasme !

**CONTACT :**  
Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie  
Anrick Billebaud  
a.billebaud@ipn.ucl.ac.be

# Les clefs du succès ? - 1

- Une équipe de pilotage soudée, réactive, complémentaire
  - Englober toutes les (un maximum de) compétences
- Même niveau d'information pour les membres de l'équipe de pilotage
  - Interchangeabilité des membres de l'équipe
- Motiver les équipes en créant une dynamique de travail
- Gérer les ressources humaines
  - Affectation, suivi et formation (alignement, travail en milieu nucléaire)
  - Distribuer des responsabilités de sous-systèmes avec une visibilité dans le projet
    - Motivation, aspect carrière
- Créer une ambiance de travail stimulante et détendue
  - Souder l'équipe hors du cadre projet (missions, pots)
- Des réunions efficaces et régulières
  - Importance du choix des participants, de la fréquence





## Les clefs du succès ? - 2

- Des échanges fréquents sur les aspects techniques entre les partenaires concernés pas uniquement limité aux réunions (importance de l'ambiance de travail)
- Diffusion des informations : rapide, aisée (structurée) et accessible
  - squelette, nomenclature : simples et diffusés dès le début du projet
  - suivi rigoureux
  - EDMS et Smarteam sont de bons outils pour cela
  - Point faible : validation des documents
- Suivi du projet constant et rapproché pour le budget et le planning
  - budget : maîtriser les dépenses, réagir rapidement en cas de problème
  - planning : confronter avec le planning des partenaires pour optimiser
- Etre créatif, oser des solutions originales
  - location d'un groupe électrogène pour les essais pendant la coupure électrique en août
  - gestion du chantier de remontage par l'équipe de pilotage
  - magasin de bricolage de Mol
  - etc ...



# Une fructueuse collaboration

- Le succès provient avant tout d'un groupe de collaborateurs

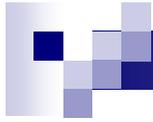
M.Baylac, A.Billebaud, D.Bondoux, J.Bouvier, H.Aït Abderrahim, P.Baeten, G.Ban, P.B.Bard, G.Bergmans, P.Boge, J.L.Bouly, R.Buisson, T.Cabanel, Y.Carcagno, J.M.Carretta, S.Chabod, G.Damieux, G.Dargaud, J.M.De Conto, P.Dessagne, P.Desrues, E.Froidefond, G.Gaudiot, J.-M.Gautier<sup>†</sup>, J.P.Girard, Y.Gómez Martínez, G.Granget, G.Heitz, M.Heusch, M.Kerveno, H.Kocher, E. Labussière, B.Launé, F.R.Lecolley, J.L.Lecouey, M.L.Lombard, J.C.Malacour, D.Marchand, N.Marie, B. Martens, F.Mellier, J.Menu, Y.Merrer, R.Micoud, S. Muggéo, A.Nuttin, E. Perbet, M.Planet, P.Poussot, D.Reynet, S.Roni, S.Roudier, C.Ruescas, C.Schwaab, J.P.Scordilis, J.C.Steckmeyer, H.E.Thyébault, D.Tourrès, D. Vandeplassche, F. Van Gestel, C. Van Grieken, F.Vermeersch, G.Vittiglio

*CNRS/IN2P3, France*

*SCK-CEN, Belgium*

*CEA/DEN, France*

**Bravo et merci à tous!**



**Merci pour votre attention!**