

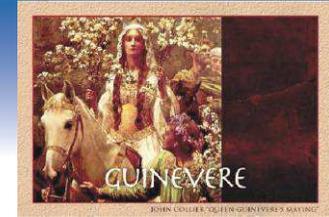
Energie nucléaire : GUINEVERE

Brève histoire de la réalisation et l'exploitation d'un démonstrateur d'ADS

D. Bondoux, LPSC Grenoble



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



GUINEVERE ?

Etudes et réalisations

Intégration à Grenoble (GENEPI-3C)

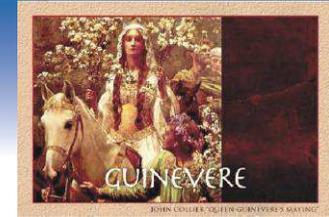
Intégration à Moi (GUINEVERE)

Exploitation

Communication

Quelques chiffres

**Guinevere est la forme anglaise de Guenièvre, prénom de la dame du roi Arthur.
(<http://fr.wikipedia.org/wiki/Guinevere>)**

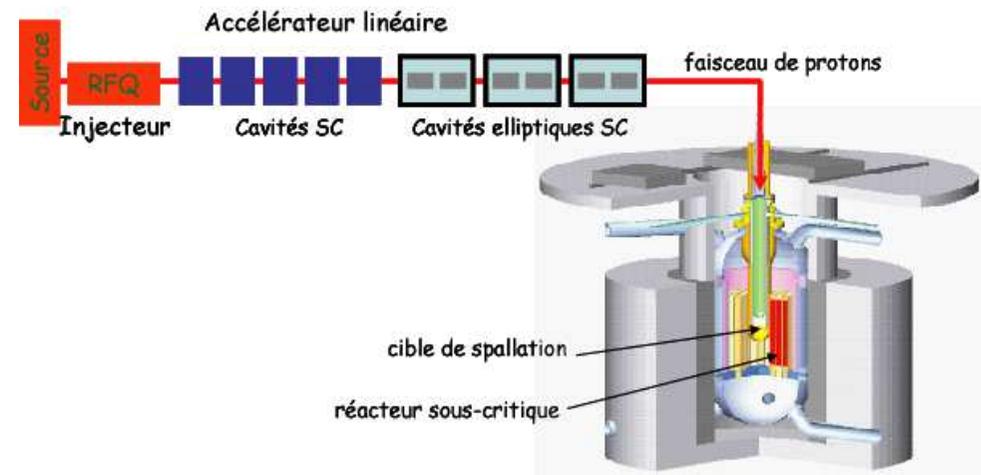


Thématique

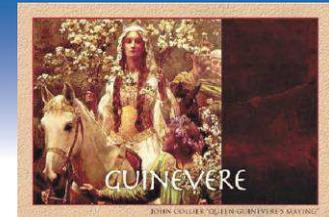
- Programme de recherche sur les réacteurs nucléaires sous-critiques pilotés par accélérateur (ADS) et dédiés à la transmutation des déchets nucléaires

ADS (Accelerator Driven System)

- Réacteur nucléaire sous-critique dont la réaction en chaîne est entretenue par des neutrons rapides produits par un accélérateur
 - pilotage de la puissance par l' accélérateur
- Concept de réacteur innovant avec des objectifs :
 - de minimisation des déchets
 - de sûreté accrue



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
- procédures opérationnelles dans un ADS (contrôle de la réactivité pendant les opérations de chargement et démarrage du cœur)

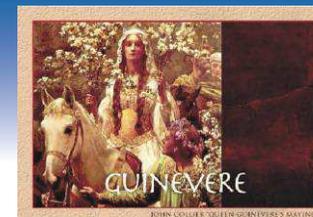
GUINEVERE consiste en une expérience de couplage (à puissance nulle) entre :

- le réacteur rapide VENUS-F (SCK-CEN, Mol-BE)
- et une source de neutrons externe (GENEPI-3C)

GUINEVERE = maquette d'ADS



Le projet GUINEVERE



Generator of Uninterrupted Intense Neutrons at the lead VENUS REactor

Réacteur nucléaire (SCK-CEN)

- Transformation du réacteur VENUS, initialement thermique, en réacteur rapide
- Chargement d'un nouveau cœur dans la cuve VENUS (prêt combustible CEA/DEN)
- Installation de nouveaux systèmes de sécurité (barres de sûreté et de contrôle)
- Renforcement des structures (poids du cœur accru)
- Licensing de la nouvelle infrastructure (autorisation par les autorités de sûreté)

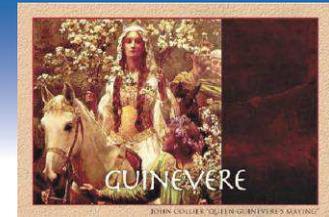
Accélérateur / source de neutrons (CNRS/IN2P3)

- Fourniture de l'accélérateur GENEPI-3C, source de neutrons versatile
 - Conception et construction de l'accélérateur (ligne faisceau verticale)
 - Développement d'une nouvelle source de deutons (cahier des charges)
 - 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





GUINEVERE ?

Etudes et réalisations

Intégration à Grenoble (GENEPI-3C)

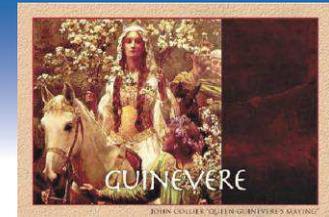
Intégration à MoI (GUINEVERE)

Exploitation

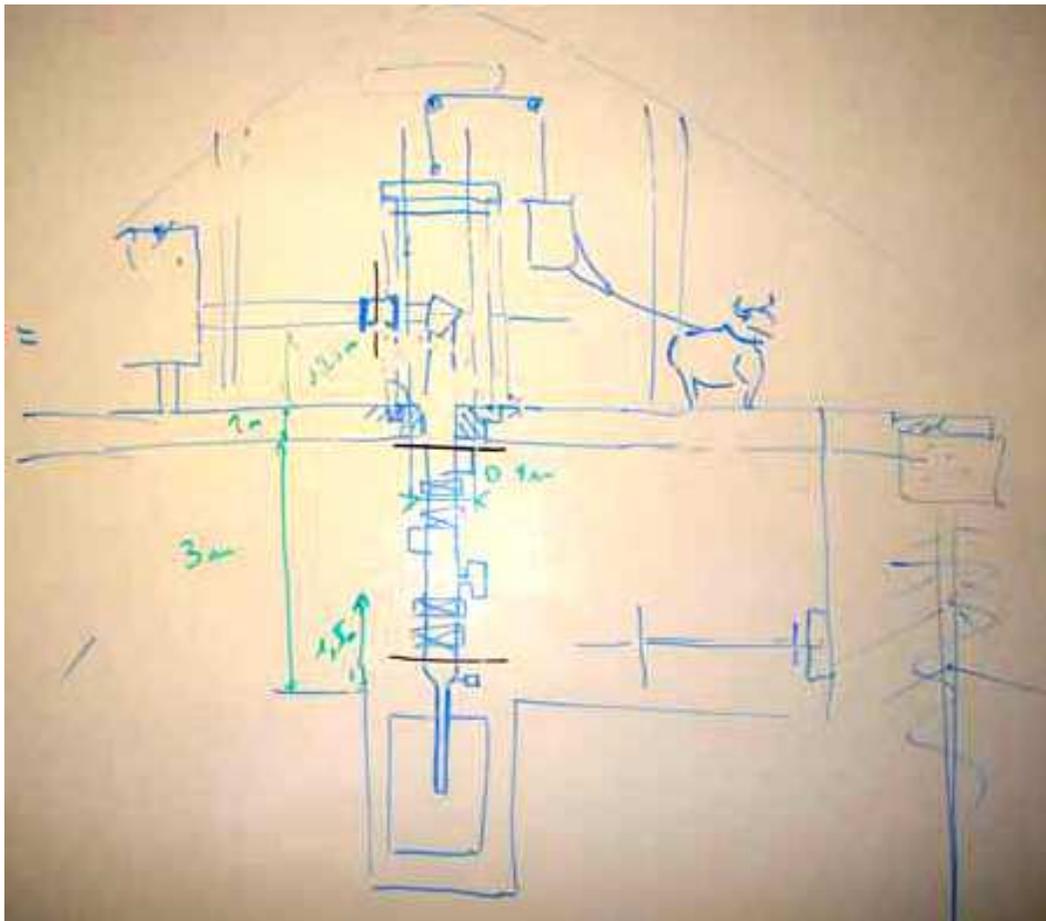
Communication

Quelques chiffres

2006



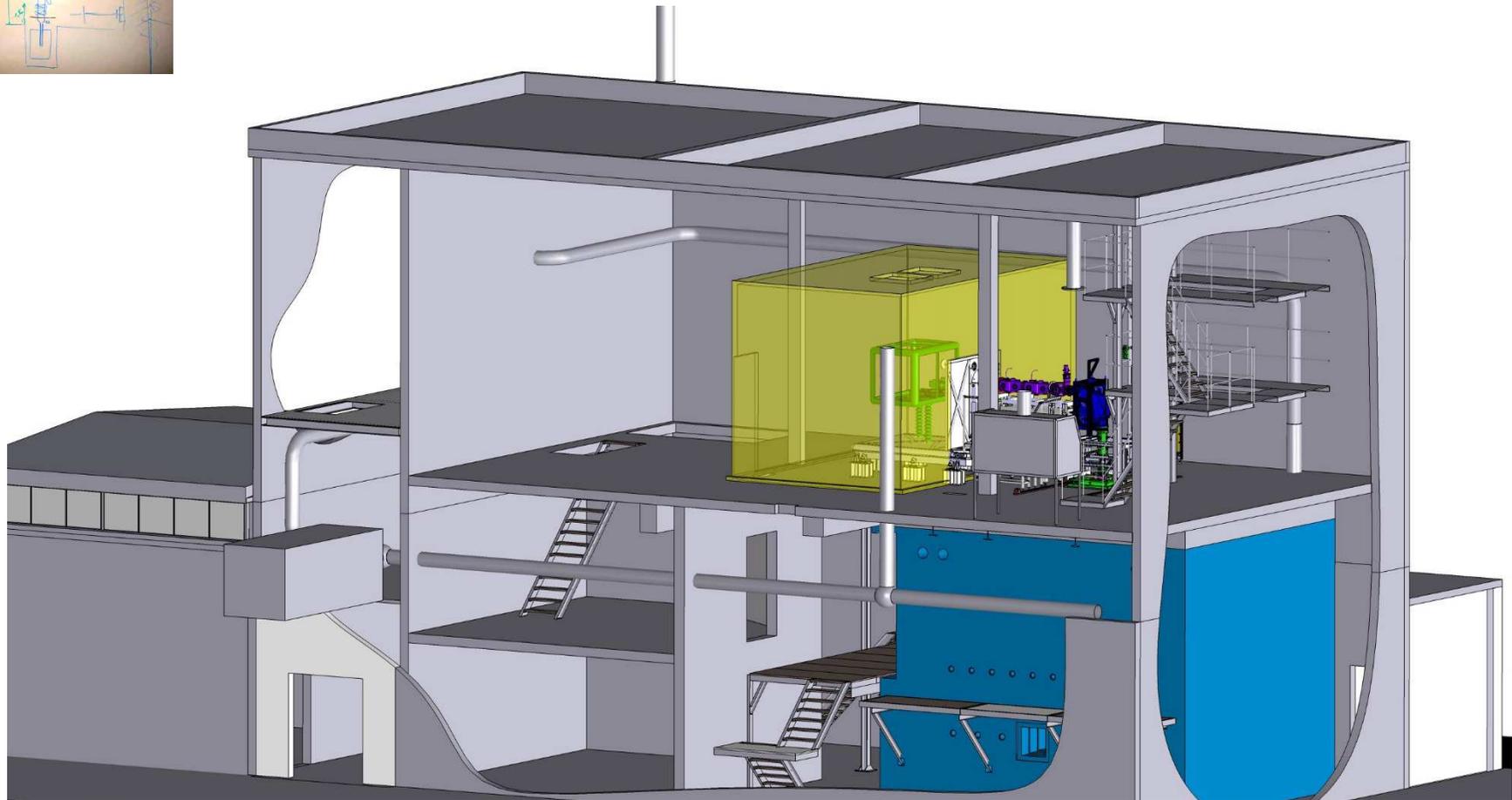
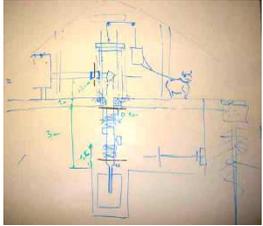
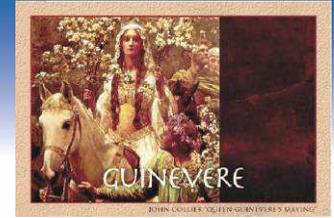
Le compte-rendu du 1^{er} meeting technique



GENEPI-3C / PLANNING



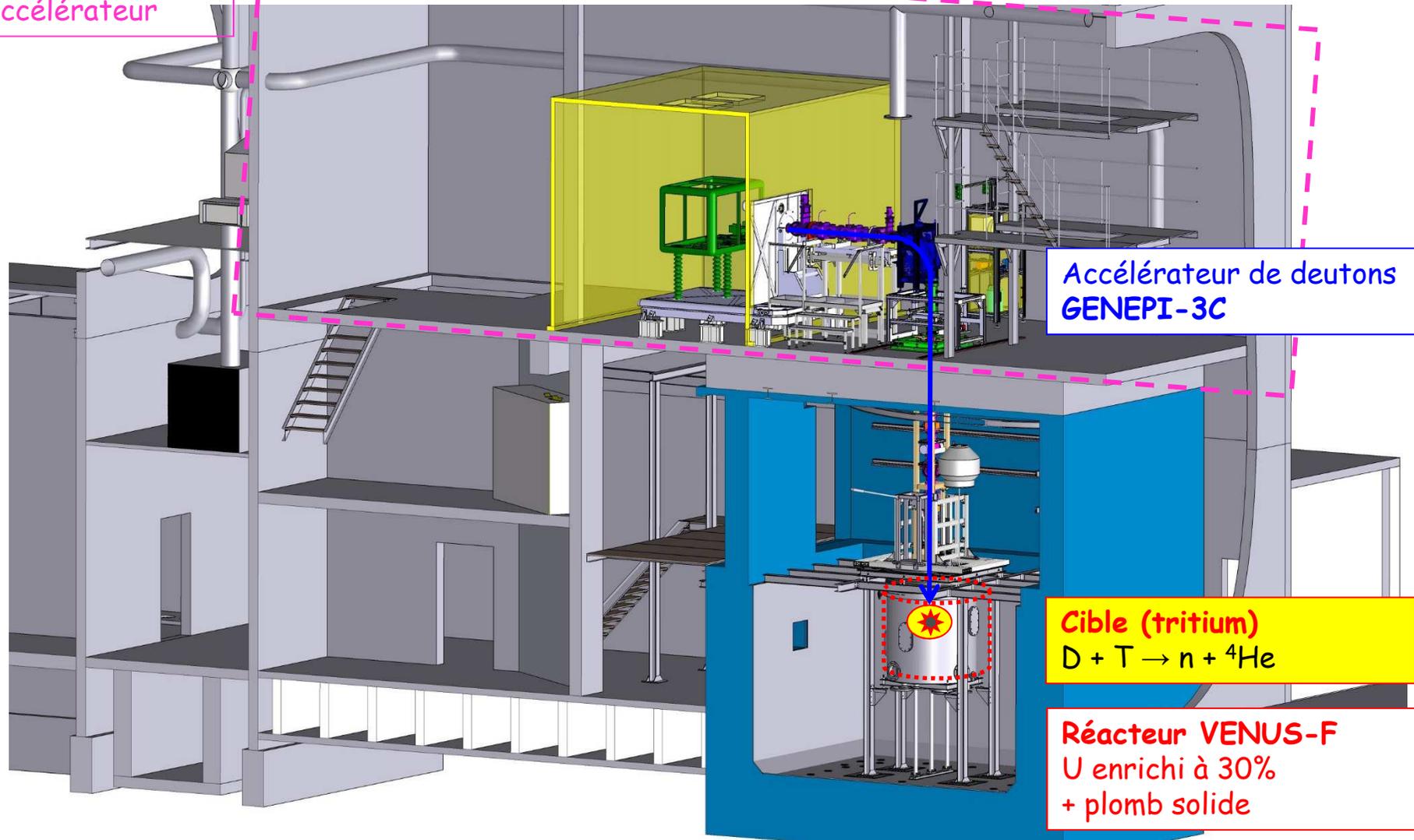
2006-2007 Etudes



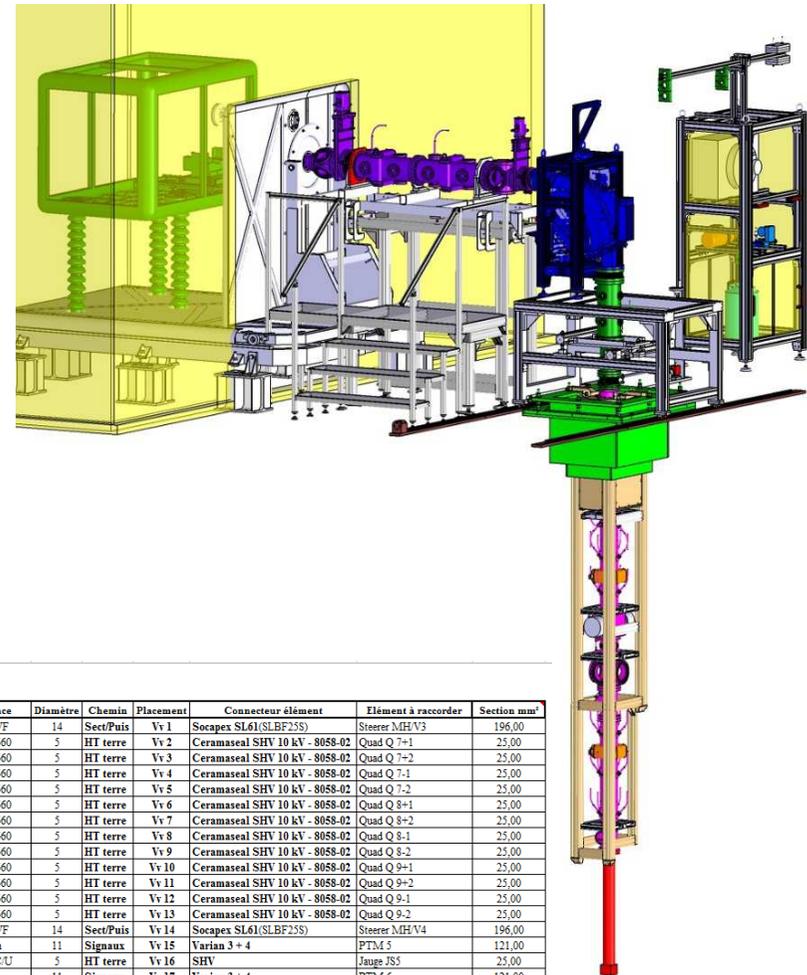
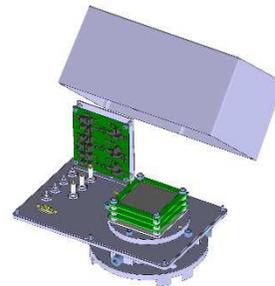
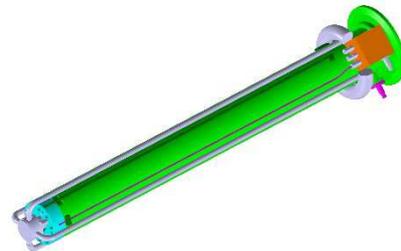
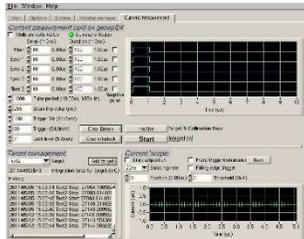
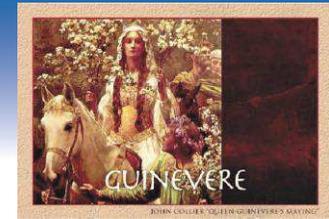
2006-2007 Etudes



Nouvel étage pour l'accélérateur



2006-2007 Etudes

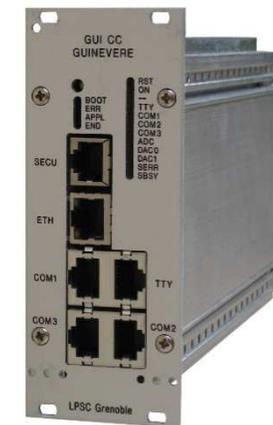
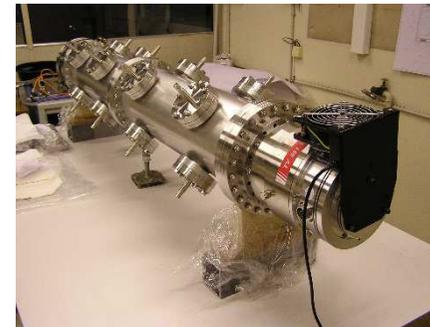
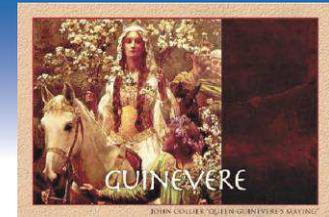


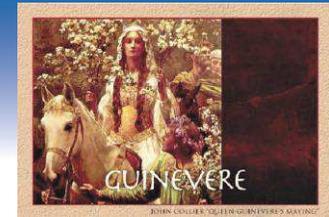
- GUINEVERE
 - GUINEVERE GENEPI-3C
 - Comptes-rendus de réunion
 - Calcul dynamique faisceau
 - Filament
 - Tête HT
 - Aménagement locaux MOL
 - Aménagement locaux LPSC
 - Mécanique & Faisceauologie
 - Mécanique
 - Ligne horizontale (hors support)
 - Ligne horizontale (support)
 - Aimant
 - Ligne verticale (hors guidage)
 - Ligne verticale (guidage)
 - Vide
 - Cage de Faraday
 - Doigt de gant
 - Diagnostiques Faisceaux
 - Electricité
 - Electronique & Contrôle-Commande
 - Élément électronique

Ligne verticale de boîte dérivation à éléments

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1					

2008-2009 Réalisations





GUINEVERE ?

Etudes et réalisations

Intégration à Grenoble (GENEPI-3C)

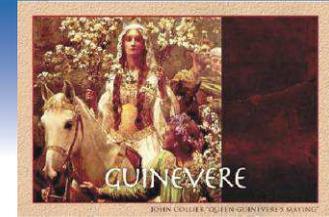
Intégration à Mol (GUINEVERE)

Exploitation

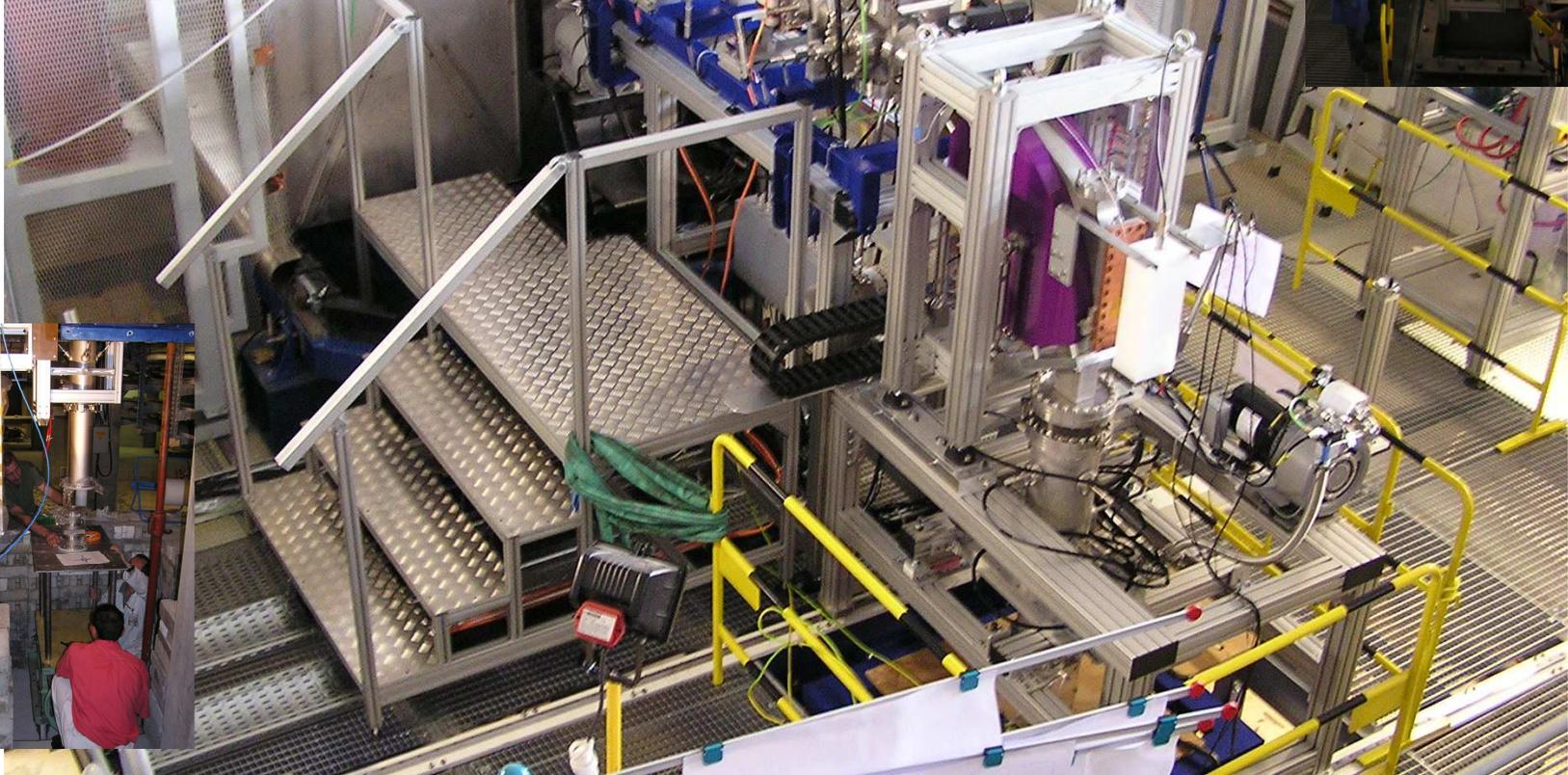
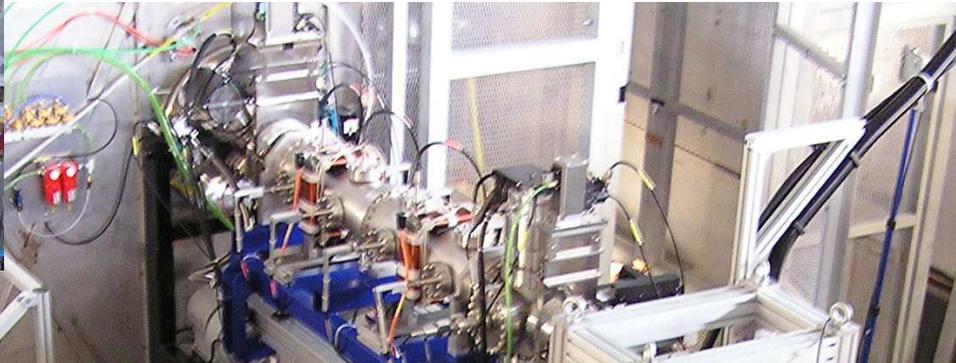
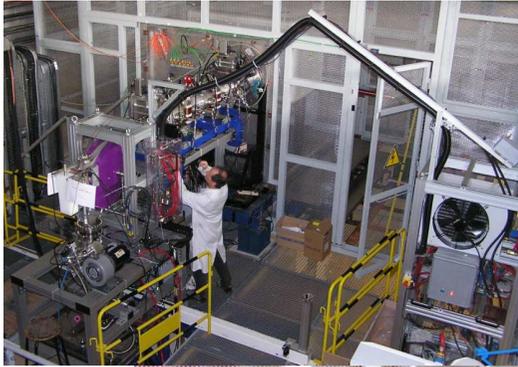
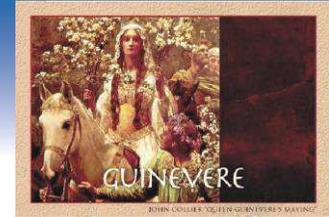
Communication

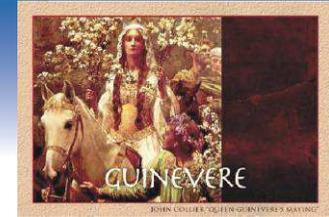
Quelques chiffres

2007-2008 Préparation de l'aire expérimentale



2008-2009 Intégration, tests, mise au point





GUINEVERE ?

Etudes et réalisations

Intégration à Grenoble (GENEPI-3C)

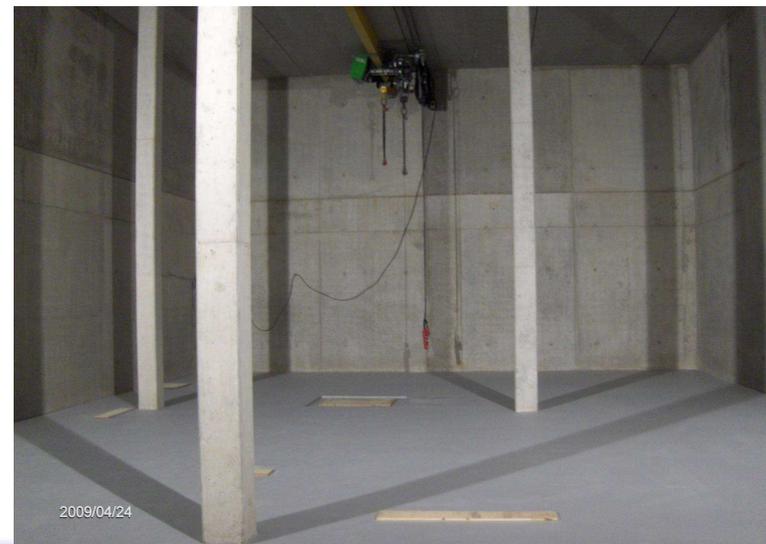
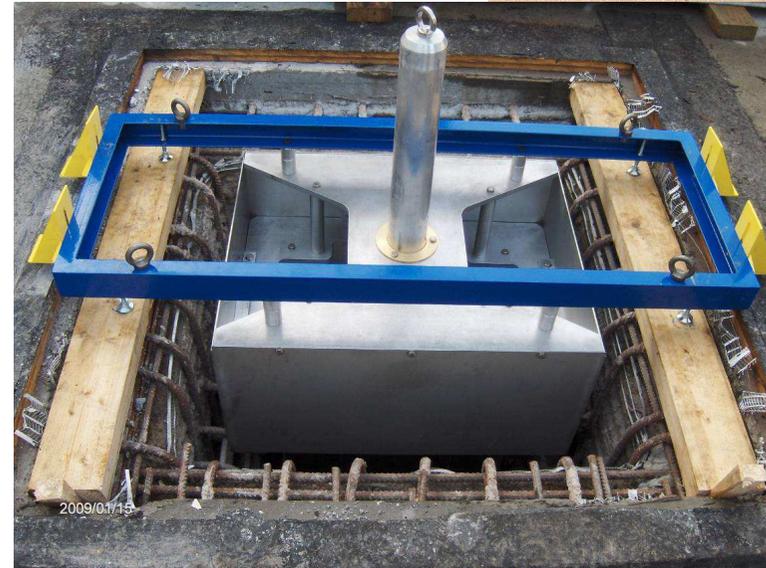
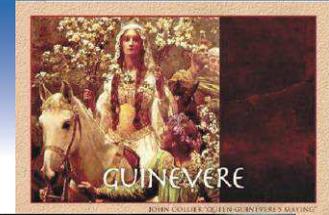
Intégration à Moi (GUINEVERE)

Exploitation

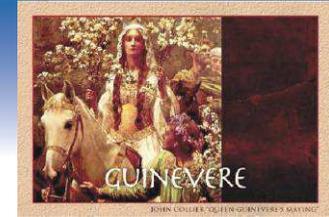
Communication

Quelques chiffres

2008-2009 Construction de la salle accélérateur



Septembre 2009, transfert de GENEPI-3C

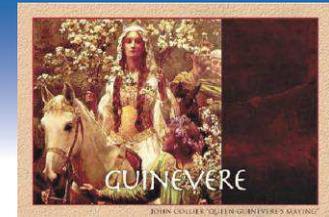


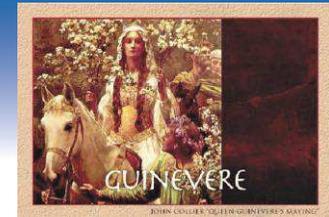
De Grenoble vers Mol (894 km) :

- 3 camions
- 16 tonnes de matériel
- Valeur estimée ~1 M€



2009-2010 ... Intégration, tests, mise au point





Octobre 2011 : 1^{er} couplage



GUINEVERE ?

Etudes et réalisations

Intégration à Grenoble (GENEPI-3C)

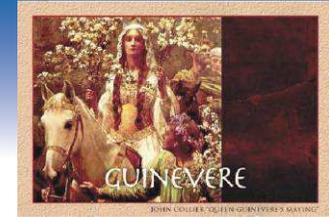
Intégration à MoI (GUINEVERE)

Exploitation

Communication

Quelques chiffres

Exploitation



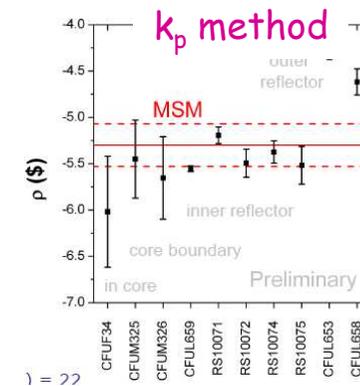
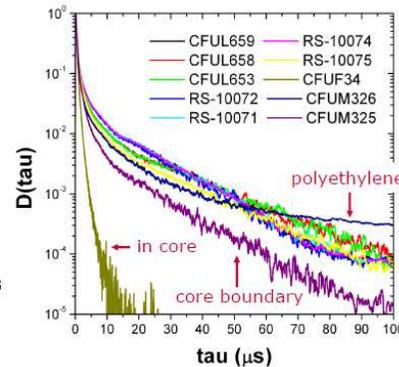
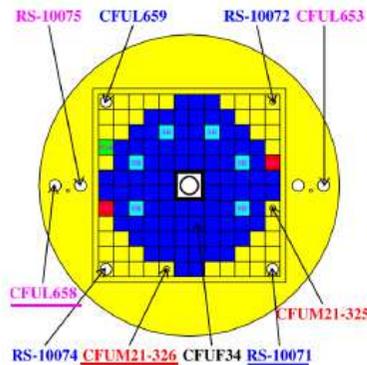
Prise de données

- Prise de données acquise jusqu'en mars 2016. Prolongation en cours de négociation.

Analyses

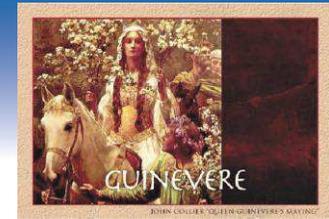
Publication / Communication des résultats

- Physique : ~ 10 présentations en conférences et workshops



- Machine (Accélérateurs) : ~ 10 présentations en conférences et workshops





GUINEVERE ?

Etudes et réalisations

Intégration à Grenoble (GENEPI-3C)

Intégration à Mol (GUINEVERE)

Exploitation

Communication

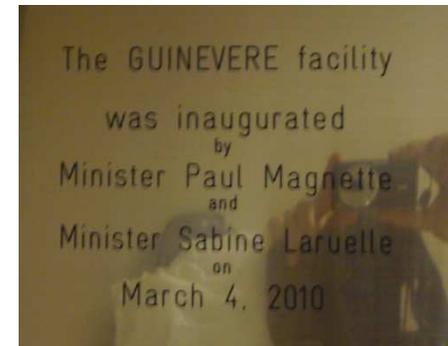
Quelques chiffres

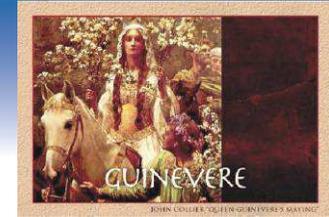
Communication

- Inauguration officielle par les ministres belges de la Recherche et de l'Energie en mars 2010
- Conférences de presse en janvier à Paris et Brussels tenues par
 - F. Deconinck, H. Aït Abderrahim and P. Baeten (SCK•CEN)
 - A. Billebaud, A. Muller (CNRS)

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
→ Quelques articles /chroniques (journaux, radio)

- Article dans « Le journal du CNRS » (Mars-Avril 2010)
 - Film réalisé par le service communication de l'IN2P3
 - Nombreuses visites de GENEPI-3C
 - en test à Grenoble: fête de la science, scolaires, étudiants
 - en exploitation au SCK (personnalités belges et étrangères et financeurs potentiels du projet **MYRRHA**)
- vitrine et promotion du projet MYRRHA





GUINEVERE ?

Etudes et réalisations

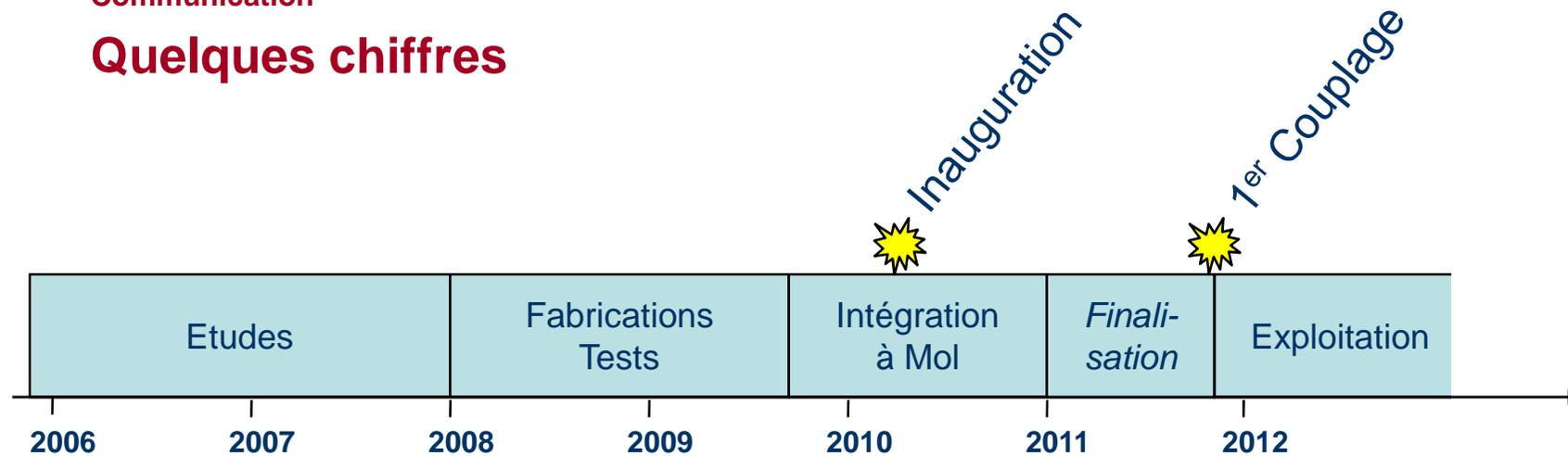
Intégration à Grenoble (GENEPI-3C)

Intégration à Mol (GUINEVERE)

Exploitation

Communication

Quelques chiffres



Quelques chiffres



IN2P3

- 4 laboratoires
- Plus de 60 personnes impliquées

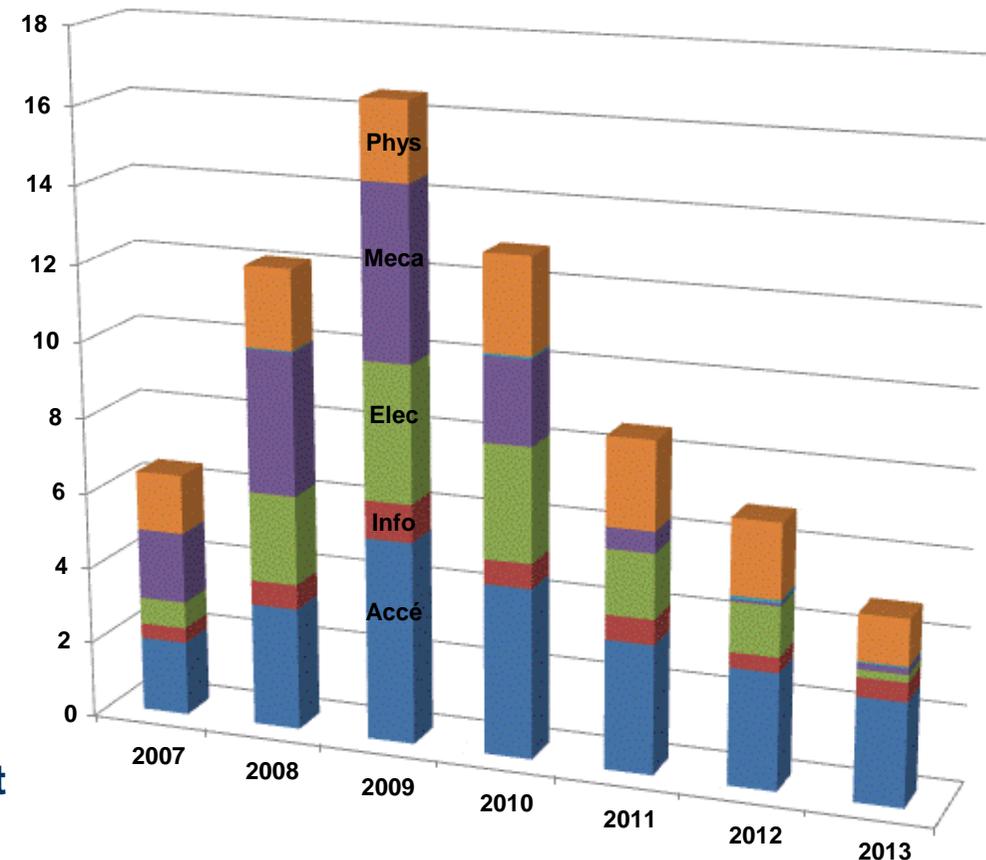
Personnel IN2P3 à Mol

- 2 à 4 personnes sur une année (phases de montages et tests)
- 1 « pilote » pendant les périodes d'exploitation

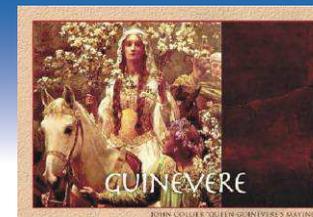
GENEPI-3C

- 90 Documents techniques rédigés
- 696 plans de mécanique édités
- 20 tonnes de matériel
- 5,2 km de câbles électriques
- 3 PC pour le contrôle-commande et 18 sous-stations

ETP Guinevere pour Grenoble



Le succès d'un groupe de collaborateurs



Un projet n'est rien sans les hommes et les femmes qui le portent !

M.Baylac, A.Billebaud, D.Bondoux, J.Bouvier, H.Ah-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, J.P.Girard, Y.Gómez Martínez, G.Granget, G.Heitz, M.Heusch, M.Kerveno, H.Kocher, E.Labussière, B.Laune, F.R.Lecolley, J.L.Lecouey, M.L.Lombard, J.C.Malacour, D.Marchand, N.Marie, B.Martens, F.Meller, 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.Scordis, J.C.Steckmeyer, H.E.Thyébault, D.Tourrès, D.Vandeplassche, F.Van Gestel, C.Van Grieken, F.Venneersch, G.Vittiglio

CNRS/IN2P3, France

SCK-CEN, Belgium

CEA/DEN, France



Merci pour votre attention

<http://myrrha.sckcen.be/>

