

METROLOGIE DES EXPERIENCES : DEFIS ET RESULTATS

C. Lasseur (TS-SU) et tout le secteur EM

- les principes et méthodes de la géométrie analytique ont toujours été la base de tous les positionnements de haute précision au CERN, accélérateurs et expériences.

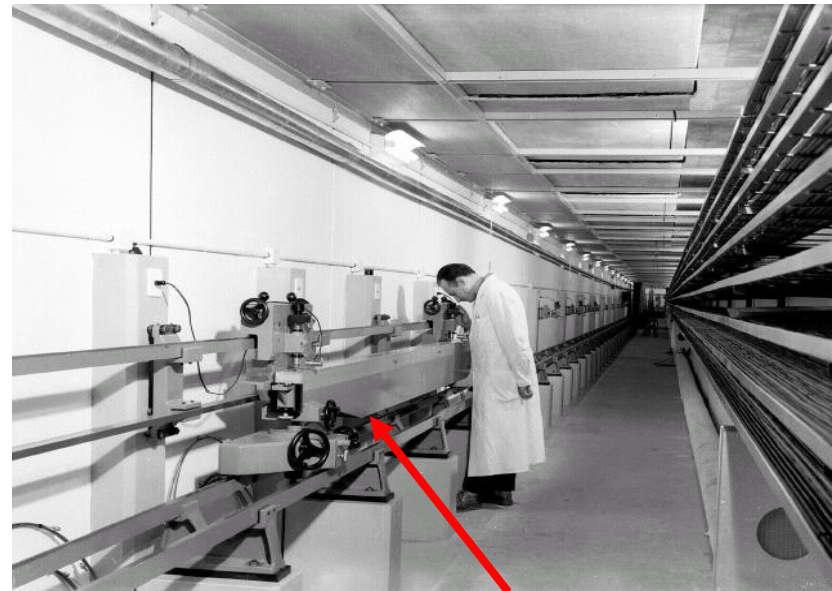


- les premiers instruments utilisés tels que théodolites et niveaux, tous basés sur les principes de l'optomécanique géométrique, étaient déjà les plus précis du marché.

Le groupe 'SU' est à la genèse du CERN et, dans son domaine, a été de tous les défis de l'Organisation (PS, ISR, SPS, p-pbar, LEP, LHC, CLIC).



Une vraie méthodologie, unique en son genre, a été mise en place dès les premières installations et les mêmes principes de travail ont été appliqués à la fois pour les machines et pour les expériences : cela a été rendu possible grâce à l'unité toujours préservée du groupe et de ses membres.



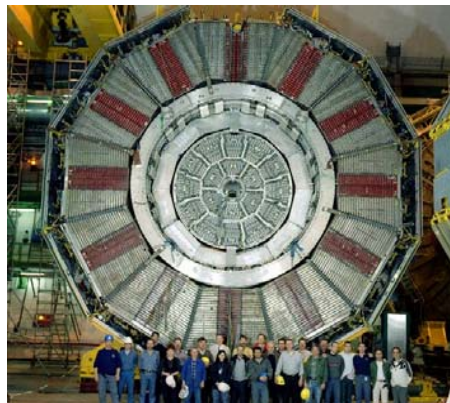
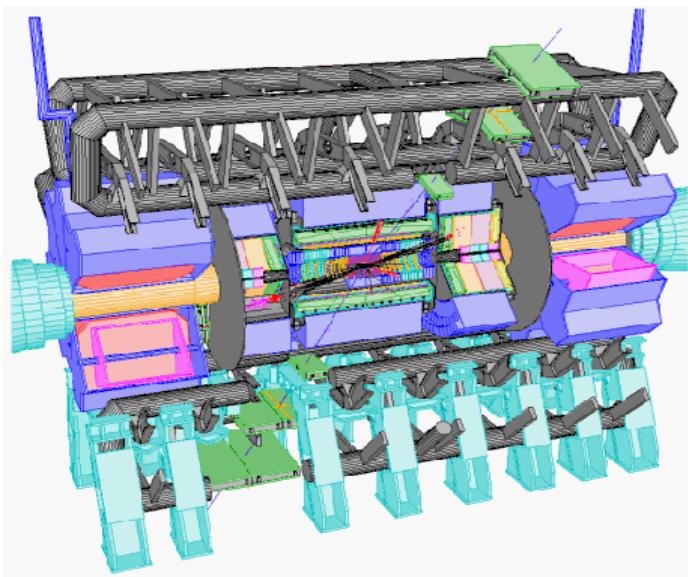
Quelques archives peu connues : align. tube à vide 1959, base calibration en Mars 1959 ...

- souci de la calibration : très tôt, nécessité d'une base de calibration unique en Europe**
- souci de garantir la répétabilité, la reproductibilité, les contrôles, la redondance ...**
- de la mécanique dans la géométrie, de la géométrie dans la mécanique.**

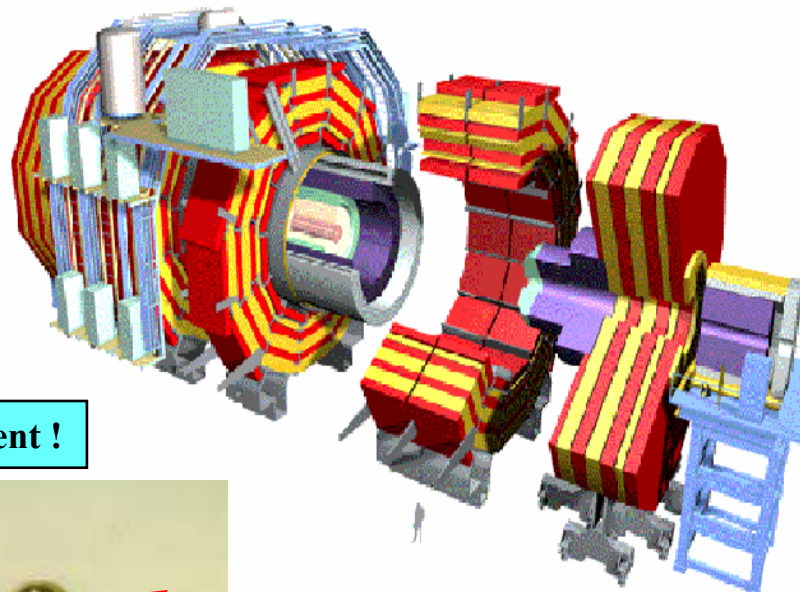
Atlas, C.M.S et les autres : des défis ...

Une expérience collisionneur est un élément composite :

- structure pas linéaire, multiplicité des composants,
- multiplicité des lieux de préparation et pré-montage.



ALEPH : un bon entraînement !

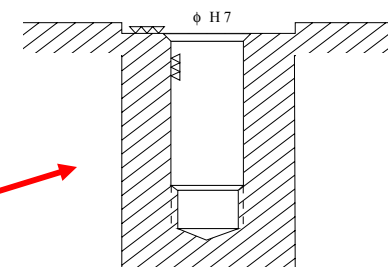


Ce que l'on voit ...



Ce que l'on veut ...

- des volumes, pas 2 identiques et pas d'équivalents dans l'industrie,
- une configuration en poupées Russes, une méthodologie boîte par boîte,
- chaque boîte a au moins 3 marques (alésages) de référence ...



Finalemment , la métrologie des Expériences au CERN ... c'est :

- contrôles qualité (formes, dimensions) : de la conception jusqu'à l'assemblage et L'INSTALLATION
- interventions (CERN et en-dehors) durant la fabrication (prototypes, montages à blanc, enveloppes, etc),
- le réseau géodésique de base dans chaque zone, la maintenance et les mesures périodiques,
- les coordonnées spatiales de tous les points de référence des détecteurs et les mesures périodiques.

Les techniques utilisées viennent de :

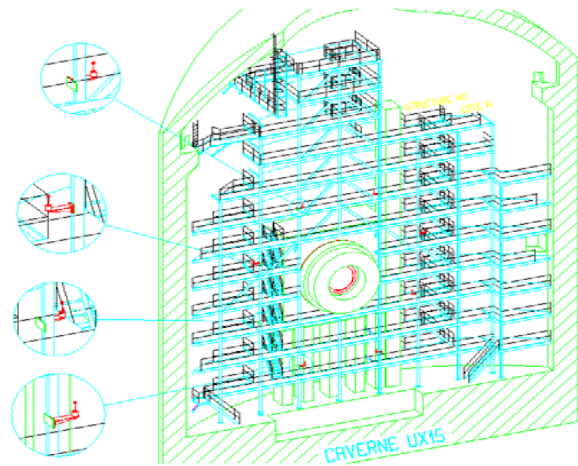
- la géodésie : instrumentation de base vient du commerce *MAIS aussi production spécifique,*
- la photogrammétrie digitale (les expériences LHC) : *pas courant et production spécifique,*
- **TOUJOURS** la mécanique / l'optoélectronique : *instrumentation n'existe pas ... il faut fabriquer.*

... NOTRE BOITE A OUTILS, en plus des instruments de base (théodolites, ect) :

- équipements adaptés, programmes 'maison' spécifiques et uniques,
- développements 'internes' (suivant nos idées), aussi industrie, 'R&D', collaboration,
- toujours en fonction des contraintes liées à la haute précision et à la spécificité des projets.

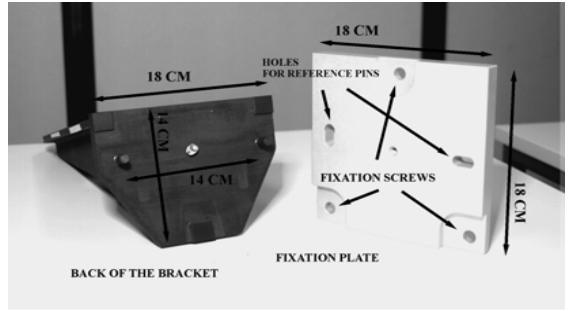
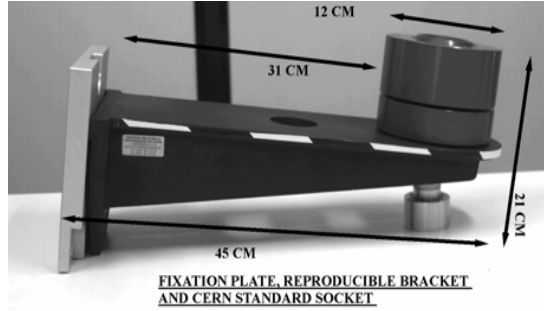
Quand on sait faire, on fait soi-même ... mais il y a tout de même des défis à relever !!

INSTALLATION = donner les coordonnées PRECISES dans la géométrie de l'accélérateur.

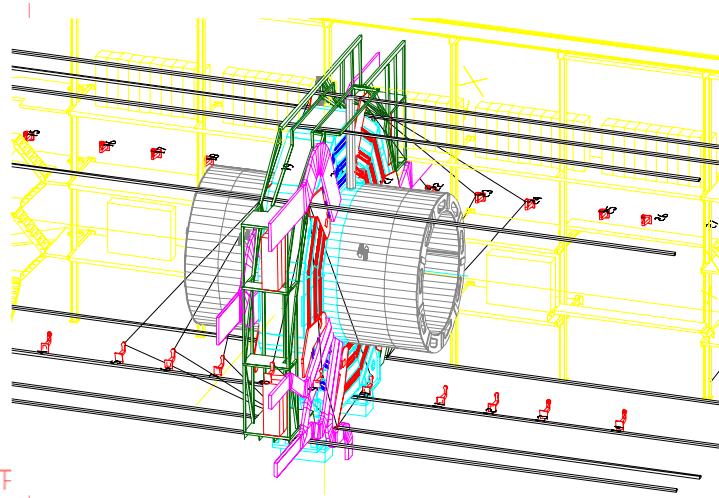
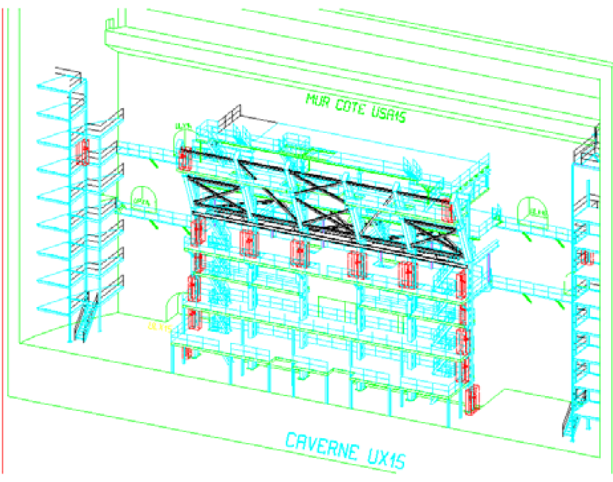
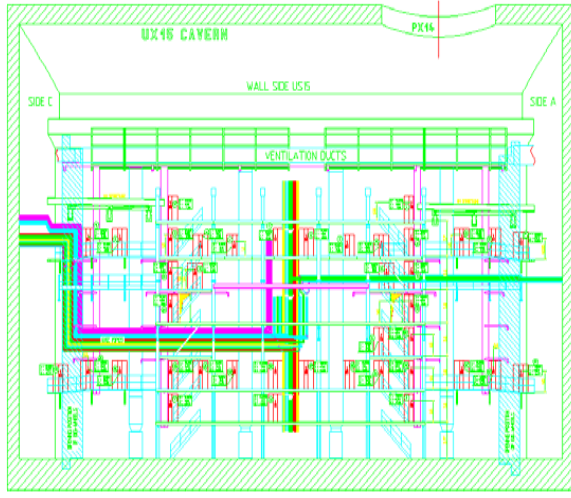


POTENCES SUR HAUT COTE
 POTENCES SUR HAUT COTE
 POTENCES SUR HAUT COTE
 POTENCES SUR HAUT COTE
 POTENCES SUR HAUT COTE

Potence répétable / reproductible



GRAND RESEAU 3D autour de l'expérience et lié à la machine : DEFI SUIVANT VOLUMES, DIMENSIONS ET ZONES A COUVRIR – PRECISION ET HOMOGENEITE DES MESURES.



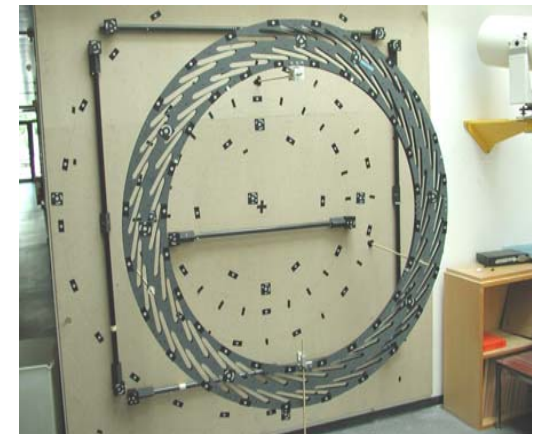
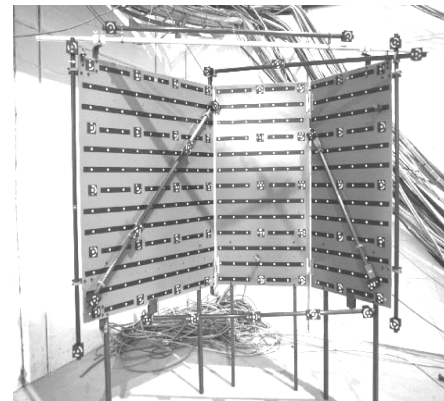
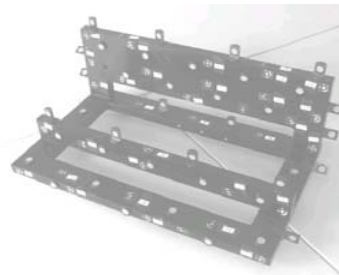
1988 : THEODOLITE ... ANGLES + DISTANCES → calibration automatisée et chariot télécommandé.



Angles : 0.3 mgrade
Distances : 0.2 mm
1 sigma XYZ : 0.3 mm

DEFI → AMELIORER LA QUALITE DES INSTRUMENTS : CALIBRATION ET SUIVI

PHOTOGRAMMETRIE : calibration 'portable'



Archamps Mai 2004 - Métrologie des
Expériences : défis et résultats

...ET AUSSI LA QUALITE DES CIBLES ET MARQUES FIDUCIELLES : angles et distances.

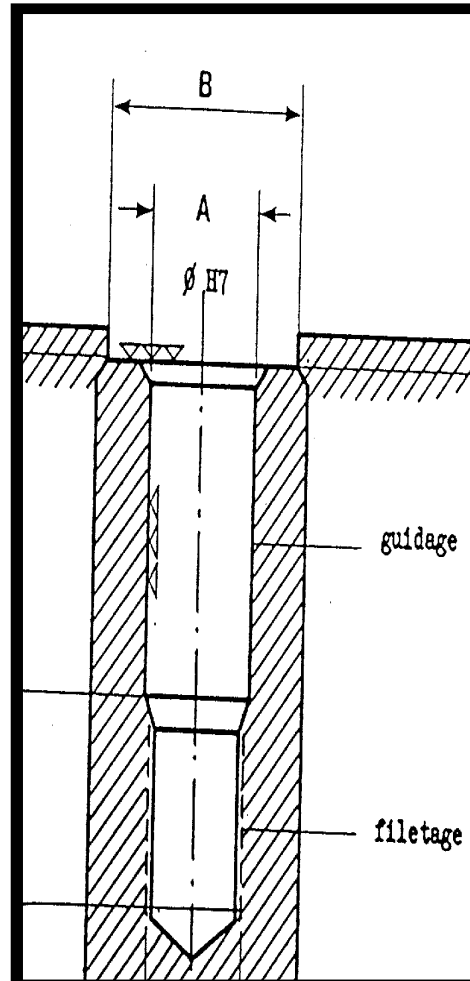
**boitier de référence :
équipement réseau**



sphère Taylor



**cellule 4 QD pour mesures laser
avec référence à un réseau**



**coins de cube pour distances :
20 gr pour structures fragiles**



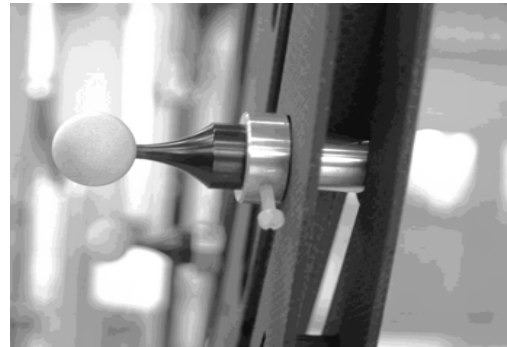
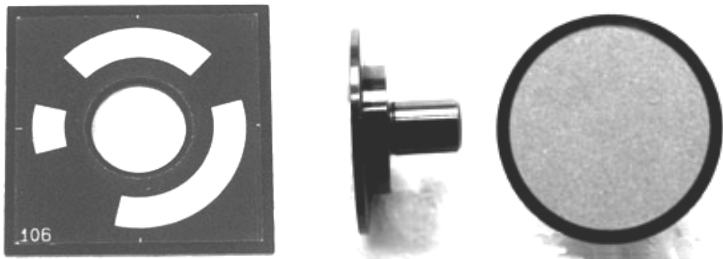
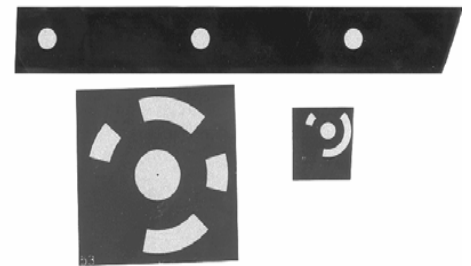
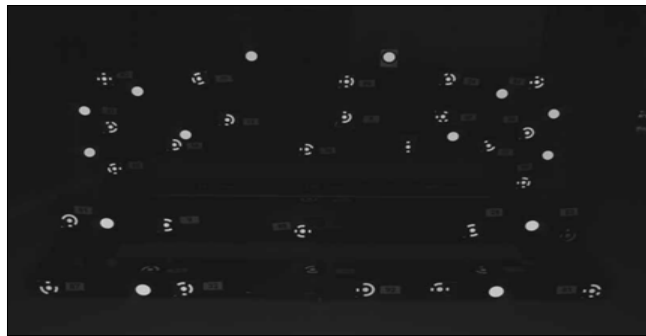
**coin de cube creux sur coupelle
magnétique : angles et distances**

alésage de référence ... MARQUE FIDUCIELLE

IDEM POUR LA PHOTOGRAMMETRIE : cibles spécifiques non commerciales au début !!!



- DCS 460 caméra digitale non métrique (1998),
- 3000*2000 pixels, pixel 9 microns, objectifs 18, 20, 24 mm,
- contraste : photos sous-exposées → f/16, f/22, (grande profondeur champ), cibles rétro-réfléchives, flash annulaire,
- 7 pixels touchés, sigma coordonnées images : 1/40 pixel.



sphère rétro réfléchissante
grand angle de vue

anneau codé et cible rétro
réfléchissante grand diamètre



Archamps Mai 2004 - Métrologie des
Expériences : défis et résultats

LA PHOTOGRAMMETRIE a été aussi calibrée ...

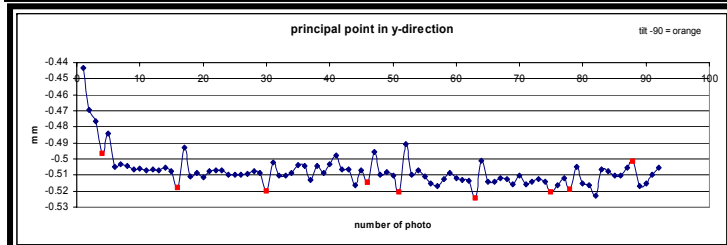
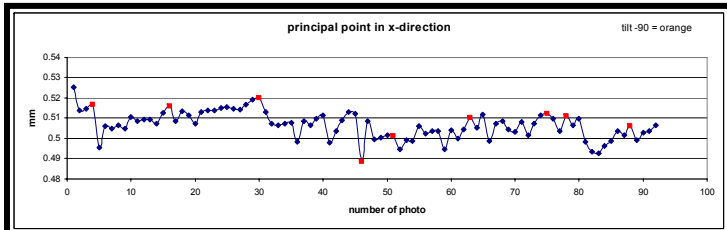
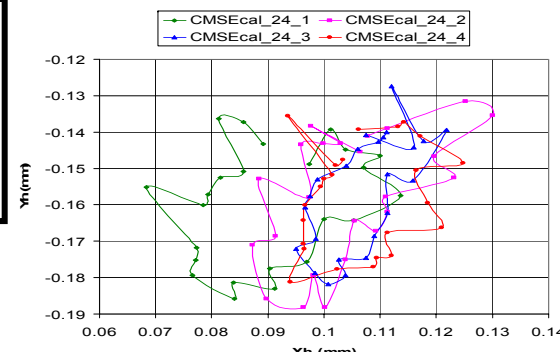
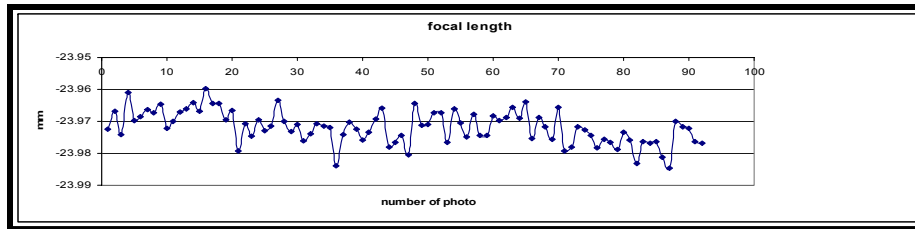
- la vérification de la stabilité de la caméra est cruciale quand les sessions de prises de photos sont longues (CMS yoke 5 heures) → tests de détection de variations des paramètres internes de la caméra, (distance focale, point principal) et distorsions en fonction des temps et des conditions d'utilisation.

UN DEFI IMPOSE PAR LES VALIDATIONS GEOMETRIQUES (USINE, PROTOTYPES, ETC) DE CERTAINS 'GRANDS' DETECTEURS LHC : CMS yoke et endcaps, CMS Ecal ...

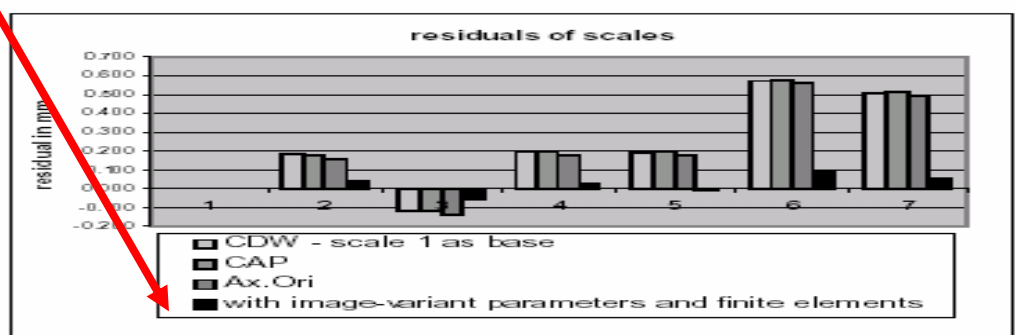
$$\begin{bmatrix} x_{ij} - x_H - dx \\ y_{ij} - y_H - dy \end{bmatrix} = \frac{-c}{Z_{ij}^*} \begin{bmatrix} X_{ij}^* \\ Y_{ij}^* \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{ij}^* \\ Y_{ij}^* \\ Z_{ij}^* \end{bmatrix} = D(\omega_j, \varphi_j, \kappa_j) \begin{bmatrix} X_i - X_{Oj} \\ Y_i - Y_{Oj} \\ Z_i - Z_{Oj} \end{bmatrix}$$

CALCUL EN BLOC : paramètres de la caméra plus distorsions radiale et tangentielle objectif plus perpendicularité et échelle chip – Mémoires / communications extérieures.

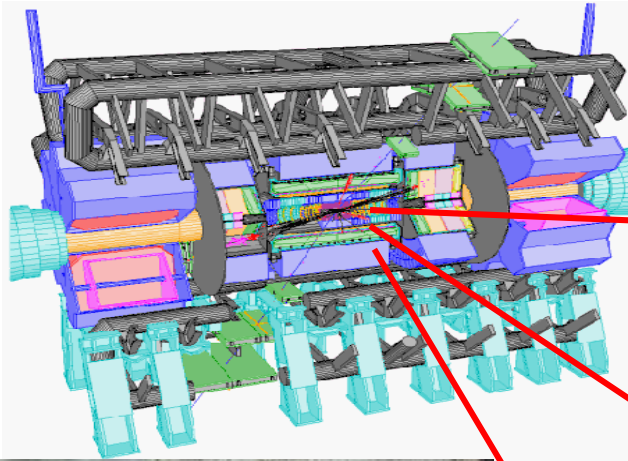


Notable amélioration ...

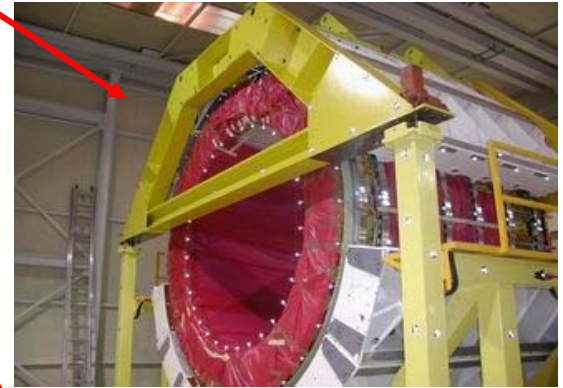
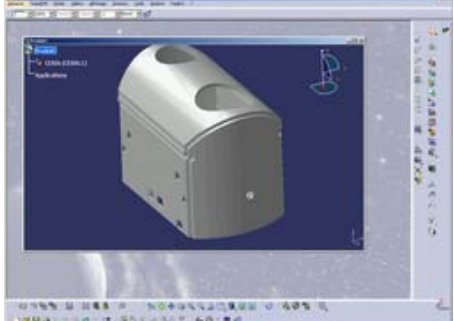




... Atlas



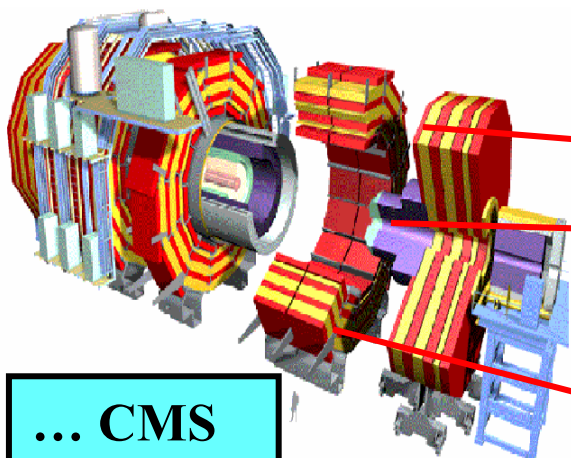
Liaison machine/caverne



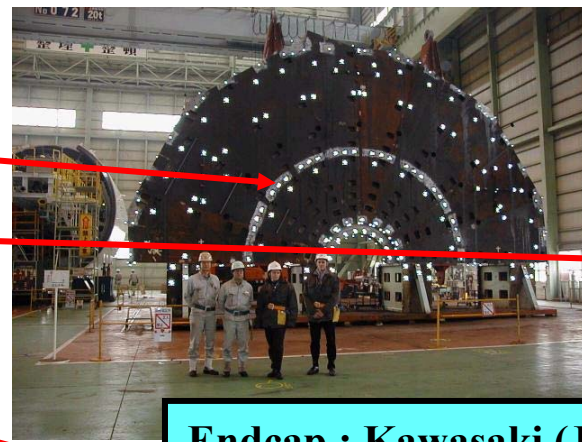
Enveloppe ouvrage et structures

Mesure pied usine puis caverne

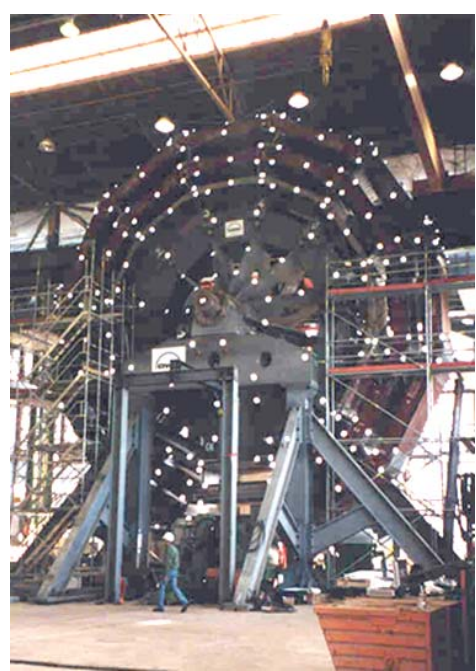
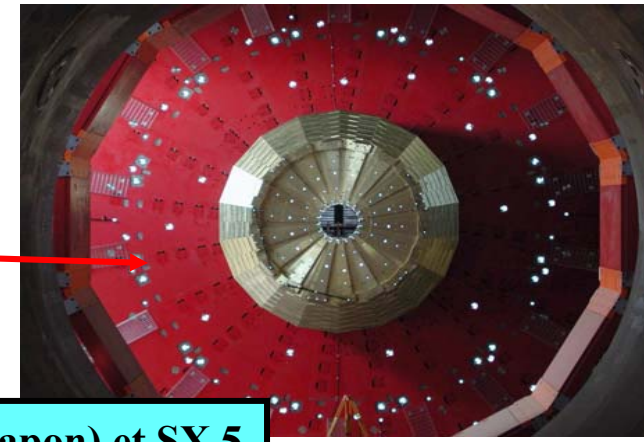




... CMS



Endcap : Kawasaki (Japon) et SX 5



**SX = 0.091 mm
SY = 0.082 mm
SZ = 0.145 mm**



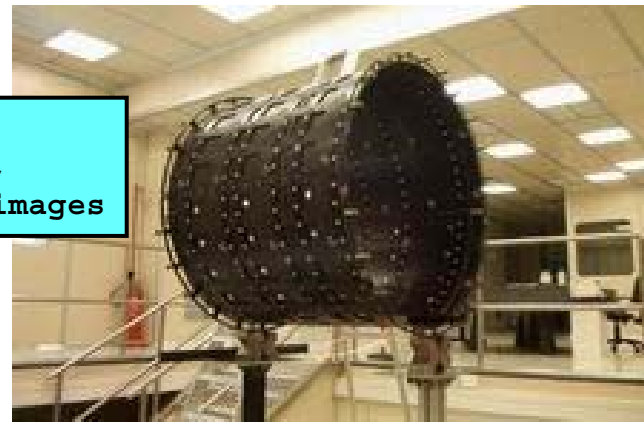
**Yoke : DWG
(Allemagne) et SX5**

**Fiducialisation
chambres muon barrel
: 4*240*20 ~ 20000 photos**

Tracker (Pise)

**304 points,
14141 observations,
1443 inconnues, 87 images**

**SX = 0.017 mm
SY = 0.027 mm
SZ = 0.015 mm**



Un autre défi : travailler ensemble pour et avec les collaborations - définir les travaux 'survey'.

Chacune a son 'style' MAIS toutes ont intégré le survey dès les premiers 'design': 92 ... 96 : 80 présentations 'techniques alignement et survey' (général Eagle-Atlas, CMS, Alice - muon CMS (banc test) - BT et muon Atlas - dimuon Alice, ...)



ATLAS Inner Detector Survey

ATLAS Project
Document No :
ATL-IC-AP-0001

Created
26/03/2004

Modified

Page: 1 of 10

Abstract This document describes the survey requirements of the Inner Detector for the installation of the basic fixings of the services on the LAr cryostat and the alignment of the cryostat rails

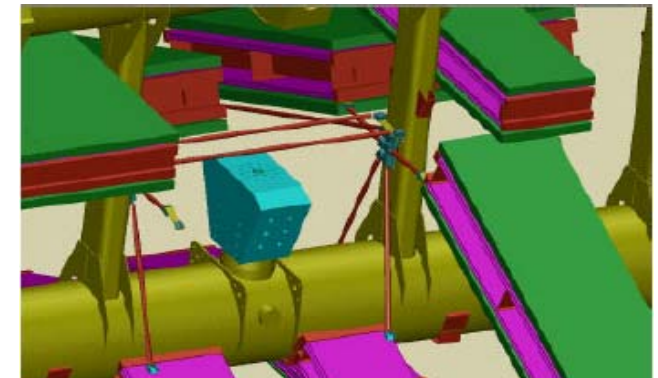
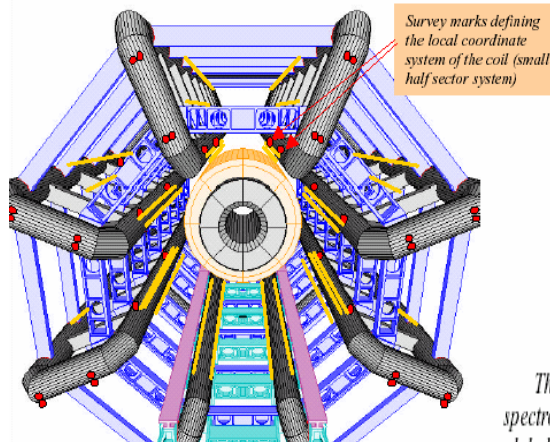
- 'collaboration weeks' : réunions ad-hoc ...
- documents techniques évolutifs collaborations,
- réunions régulières : ~ 30 par mois où 'survey sujet potentiel' (intégration, installation, etc),
- 'sur le terrain' : adapter et organiser ...
- discussions ad-hoc et visites ...
- tous les résultats : EDMS (ATL/CMS/ALI) - SU

ATLAS Barrel Muon Placement and Survey Specifications.

Prepared by: C. Guyot,
G. Mikenberg, W. vanEmden,
D.Mergelkuhl, C. Lasseur,
M. Kotamaki, M. Hatch,
G. Tappern, D.Lissauer,

Checked by:
D.Lissauer

Approved by:
M.Nessi




The alignment reference system is meant to provide an online picture of the full muon spectrometer geometry at the few mm-precision level (<0.5 mm inside a given sector), including the global shape of the toroid.

Les interventions 'off-CERN' : spécifiques expériences LHC (CMS ~ 60 %) → à ce jour près 50 'sorties' en usines ou labos (France, Allemagne, Espagne, Portugal, Italie, Autriche, Grèce, Russie, Corée, Japon)

Notre organisation et nos ressources humaines et techniques pour réaliser ‘nos’ défis

- planings (halls et cavernes) ‘plutôt’ mobiles : ‘réactivités’ rapides, gérer les temps morts,
- excellente connaissance du milieu : un personnel plutôt constant, permanent et ‘connu’(visites ‘terrain’),
- conditions de travail changent de jour/heure en jour/heure et nombreux aléas : impossible de décrire à l’avance un ‘enchaînement’ logique et continu du travail.

		ATLAS Survey Organization and Resources	
ATLAS Project Document No:	EDMS Document No. 355792	Created: 8/5/2002	Page: 1 of 6
ATC-GE-MA-0004		Modified: 4/12/2002	Rev. No.: 1.0
Abstract : This document expands on the ATLAS Technical Coordination team's description of the required Organization and Resources for all ATLAS survey tasks during installation at Point 1.			
Prepared by : C. Lasseur EST/SU – D. Lissauer EP/HC - M. Nessi EP/ATO - G.Tappern EP/ATI	Checked by : R. Eisenstein EP/HC - M.Nessi EP/ATO	Approved by : M. Nessi EP/ATO	
Distribution List: C. Genier EST/DI - F. Butin EST/LEA - T. Petersson EST/ISS - K. Potter EST/LEA		EDMS approval by : P. Girani EST/DI - C. Lasseur EST/SU - M. Mayoud EST/SU - M. Nessi EP/ATO - M. Nordberg EP/ATO - D. Schlatter EP - V. Vuillemin EP/DI	

- les coordinateurs LHC ont vite compris que l’externalisation complète amènerait des surcoûts importants, de plus la technicité et la capacité des ‘candidats’ n’ont pas été prouvées (LEAF- Mai 2002) : un soutien essentiel des collaborations (P. A, boursiers PH, in-kind, collaboration agreement, contribution),

- le soutien ‘TS’ : boursier (fin 2004), trainee, étudiant technique.

PROJECT: LHC-b		W.P.REF.: LHCB-140802	
W.P. TITLE: Metrology and Survey		Version: 0.2	
Responsible group:	EST-SU	Issue date: 14 August 2002	
Major constituent:	Positioning metrology and survey of the LHC-b detector	Sheet 1 of 1	
Start date:	1 September 2002		
End date:	1 April 2007		
W.P.Manager:	C. Lasseur		
Short description: Metrology and survey required for the positioning of the different components of the LHCb detector in the UX85 cavern of Point 8. Tasks included in this work package: Establish the geodesy reference network in the LHCb cavern. Provide position network marks according to agreed specifications. Perform positioning and survey of the various components of the LHCb detector. This includes preparative work during detector production and assembly (e.g.: definition and survey of fiducial marks). Deliverables: Geodesy reference network with accompanying report. Position network marks with report on survey results. Reports with the result of the positioning and survey of the individual detector parts with respect to the LHC beam line. Input required to start this activity: Specification for the position network marks. Defined fiducial marks on detector components for survey. Agreed resources required to accomplish this activity (Basis is the document “Revue des besoins SU infrastructure et expériences LHC”, C.Lasseur, Avril 2000): The effort to be supplied by EST-SU (CERN staff) is estimated as 2.6 my. The non-CERN manpower required is estimated as 3 my with estimated cost of 315 kCHF. The costs for the non-CERN manpower are covered in the LHCB non-CORE budget for assembly and installation. The budget code is 32560.			
M.Mayoud, EST-SU Group Leader		W.Witzeling, EP-LHB Technical Coordinator	A.Smith, EP-LHB Resource Coordinator

- la photogrammétrie, définie comme ‘activité de base’, est aussi très soutenue par les collaborations,

- cela nous permet de garder et promouvoir un acquis technique essentiel et original : c’est bien l’intérêt de l’Organisation et on y gagne un certain renom dans la profession,

- assurer la formation (‘background’ de base solide) et la transmission ‘know-how’: on gère le système et ses défis !

Année	Projets	Photos
2002	60	2800
2003	110	11200
Mai 2004	85	8000

Archamps Mai 2004 - Métrologie des Expériences : défis et résultats

CONCLUSION

le 'terrain' aura toujours la priorité quelques soient les conditions et on adapte la méthode, les instruments, les équipements, les compétences ... toujours au mieux des possibilités.

~ 1957



2001



La couleur des parasols a changé ...