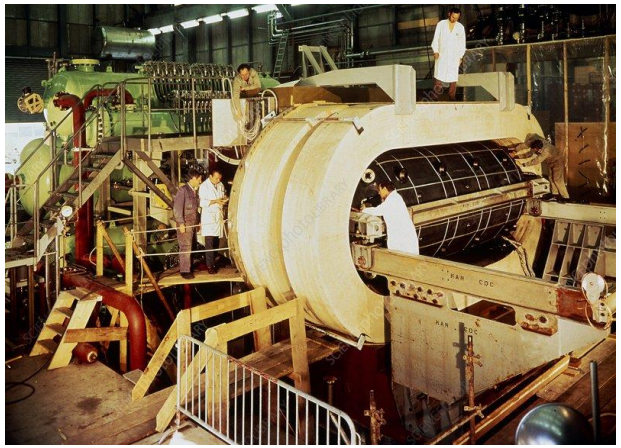
15 ans d'OMEGA
+ 35 ans de microélectronique
= 50 ans d'IN2P3

Christophe de LA TAILLE

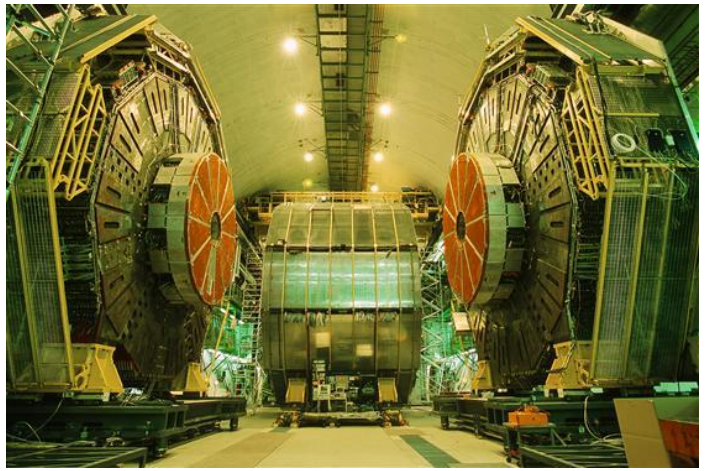
19 mai 2021

Organization for Micro-Electronics desiGn and Applications

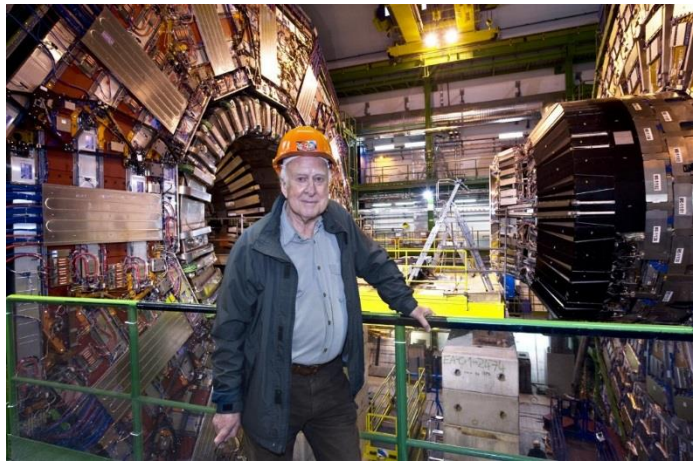
50 ans de physique à l'in2p3



Gargamelle 1970

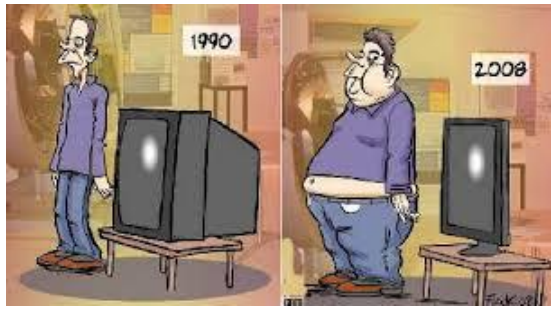


ALEPH 1990

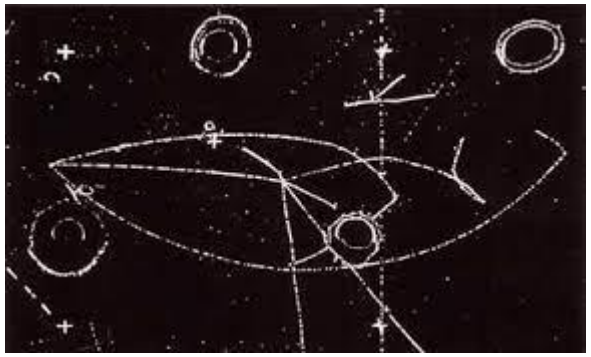


CMS 2010

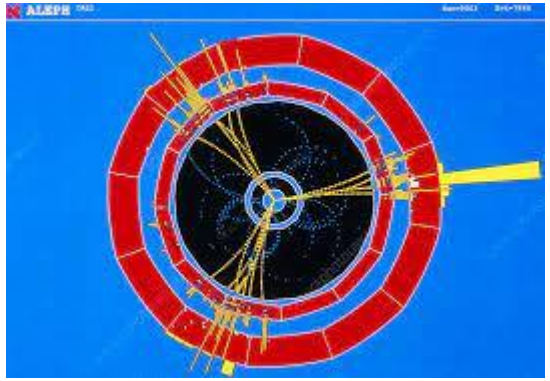
CMS upgrade 2030



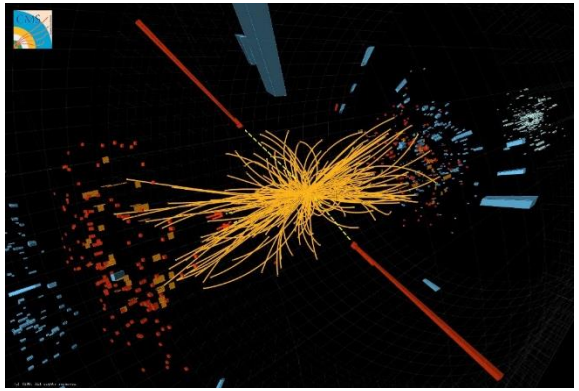
50 ans de détecteurs et d ’électronique à l’in2p3



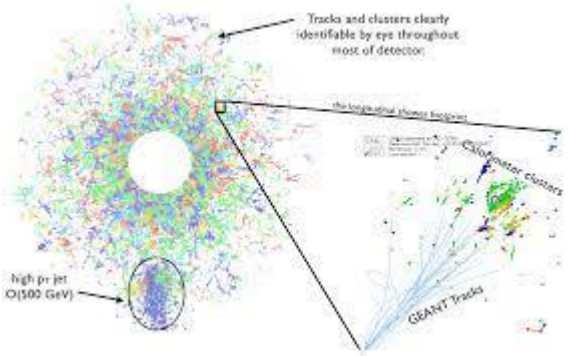
Gargamelle 1970



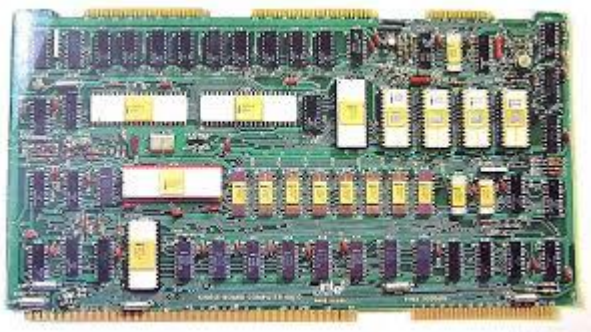
ALEPH 1990

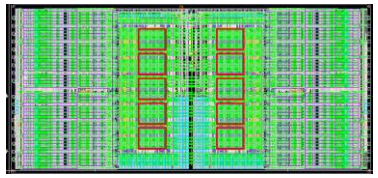


CMS 2010



CMS 2030

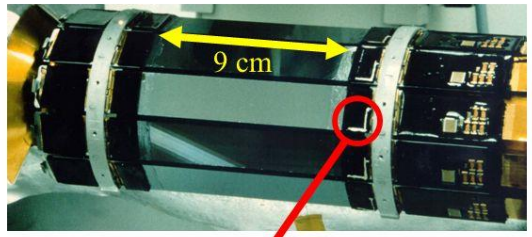




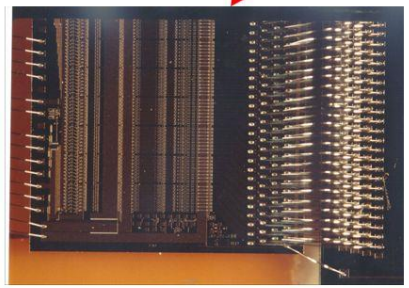
35 ans de microélectronique en HEP

Omega

Microplex 1985

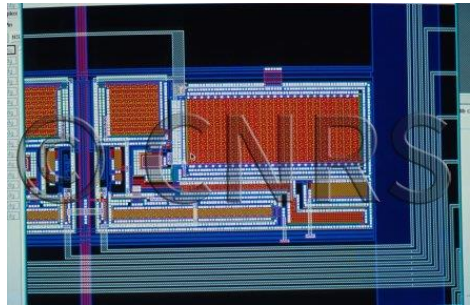


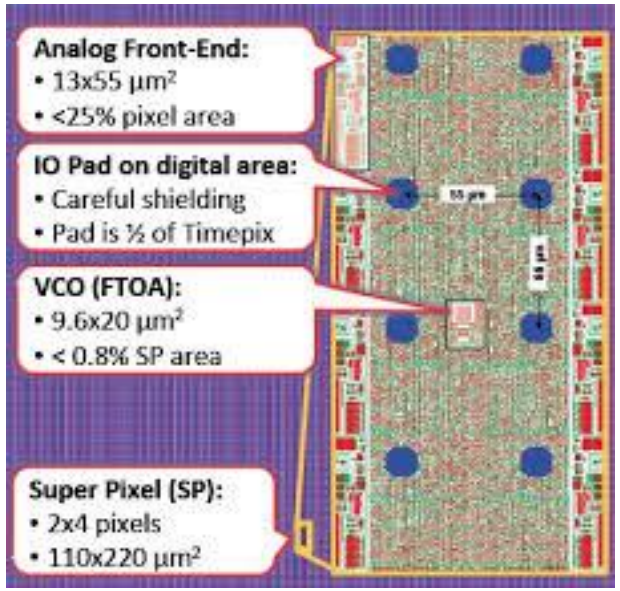
Silicon Strip
Vertex Detector:
MARK II experiment
at SLAC Linear Collider
(512 channels/module;
18K channels total)



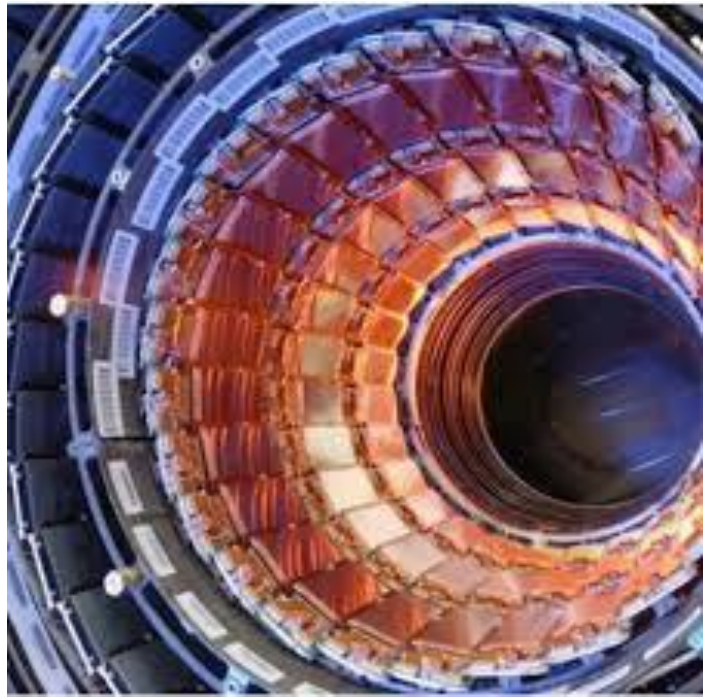
Microplex readout chip
128 channels, 47.5 µm pitch
(Walker, Parker, Hyams)

Parallel efforts in ALEPH, DELPHI, OPAL at LEP and CDF at the Tevatron Collider



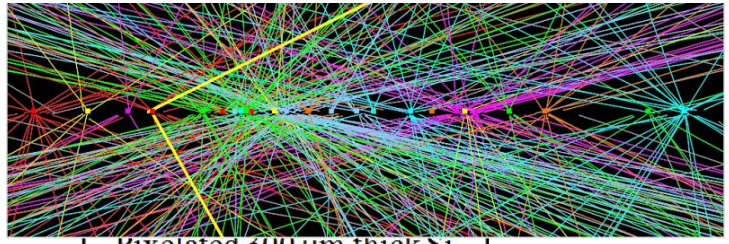


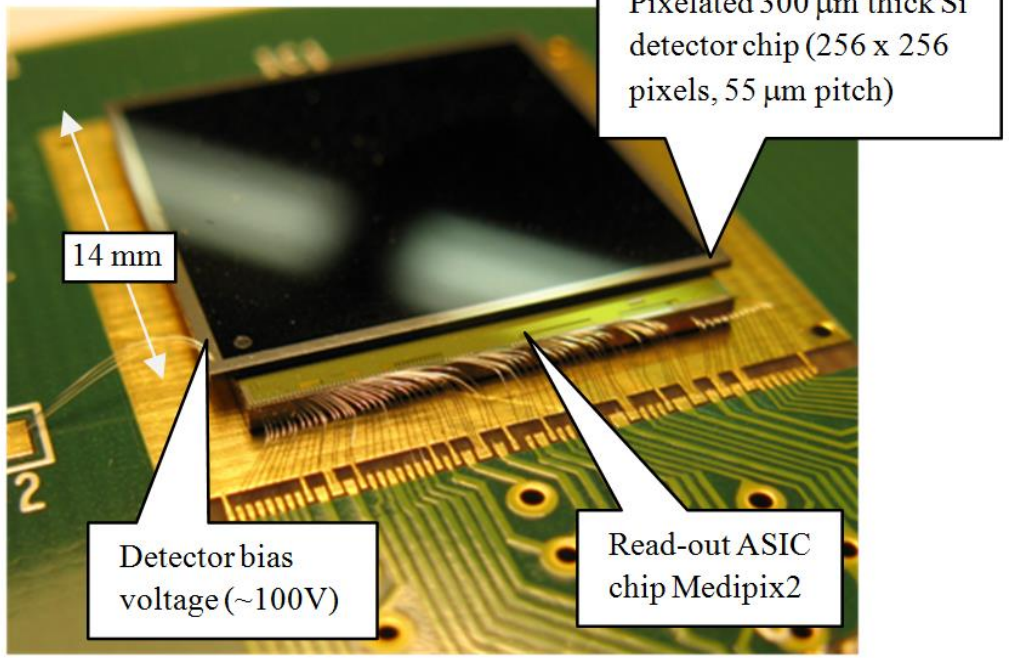
Timepix4 2020

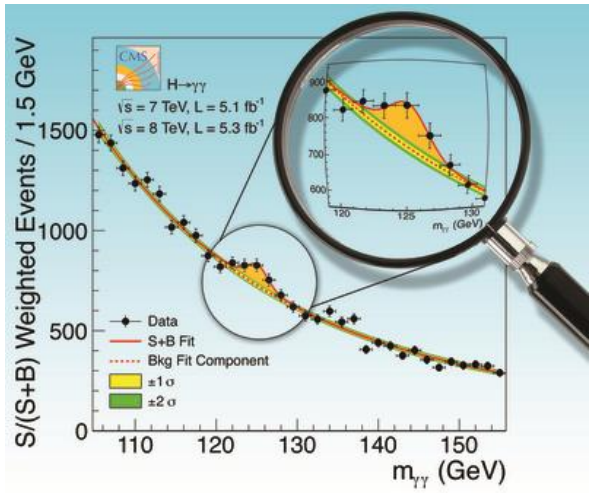


Pourquoi fait-on nos chips au lieu de les acheter ?

- ASIC = Application Specific Integrated Circuit
- Innovation et progrès technologique permettent de faire de nouveaux/meilleurs détecteurs
- Contraintes très spécifiques au HEP : interactions physiciens/designers
- Pas de chip => pas de détecteur => pas d'expérience…

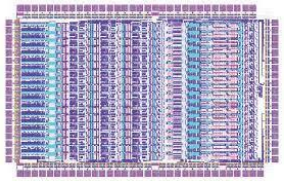


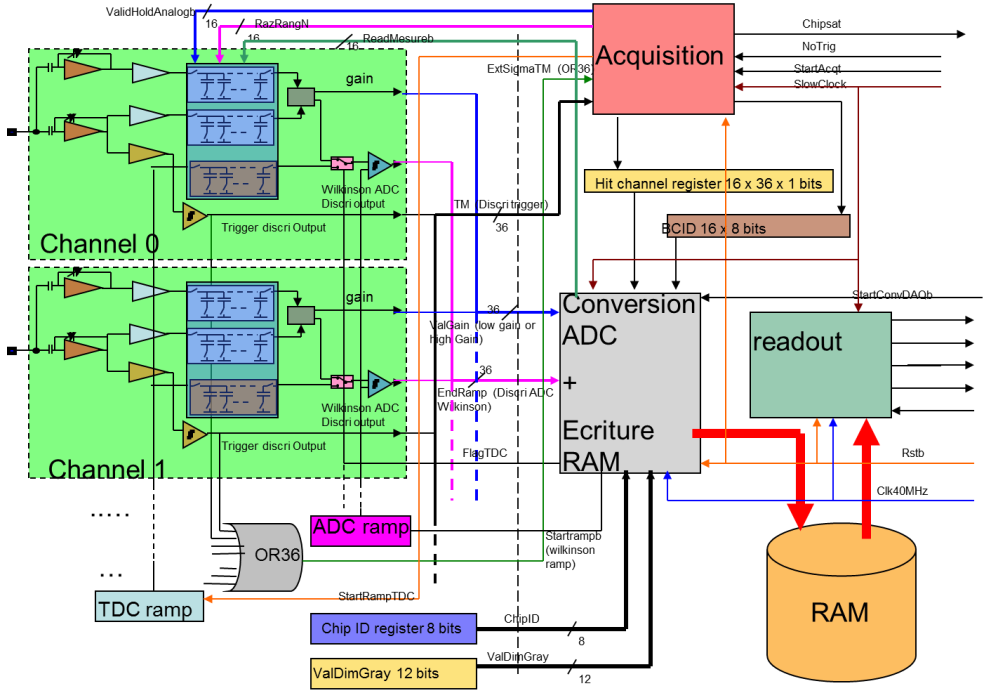


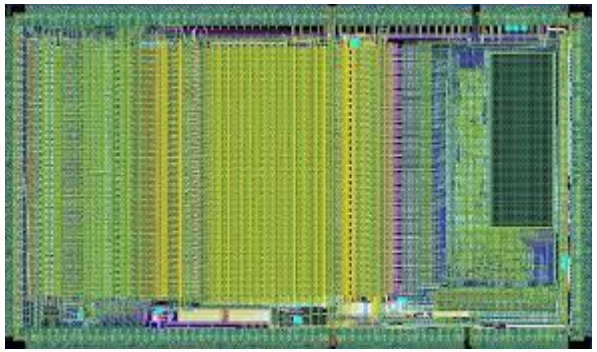


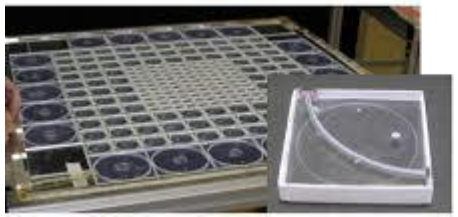
Pourquoi est-ce si compliqué ?

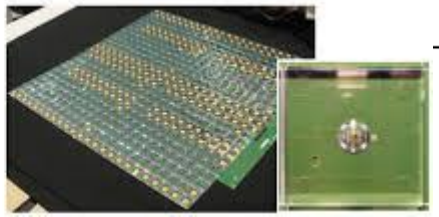
- La microélectronique permet d'intégrer de plus en plus de fonctions : « System On Chip » (SoC)
- OMEGA :
  - Premier de chip de lecture des PM multi-anodes (OPERA_ROC 2003)
  - Premier chip de lecture des SiPMs (FLC_SiPM 2005) !
  - Premier chip de lecture/digitisation calorimètres imageurs (SKIROC2 2010, HGCROC2 2019)
  - Premier chip de lecture/digitisation des diodes de timing picoseconde LGAD (ALTIROC1 2018)

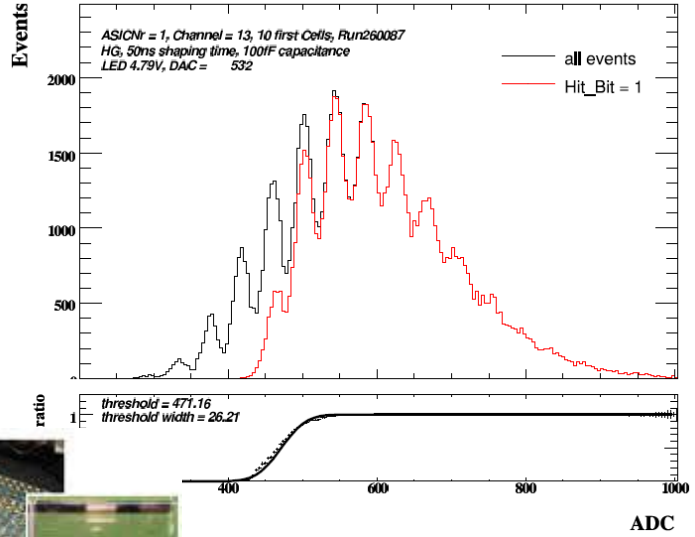






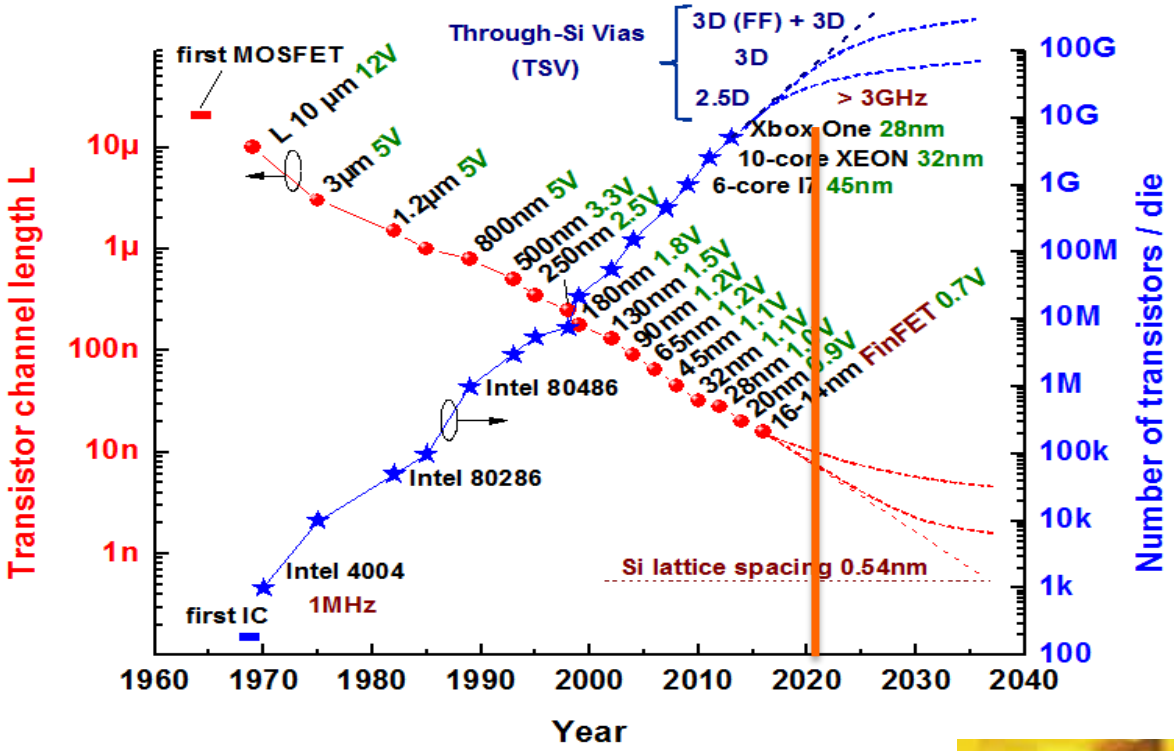


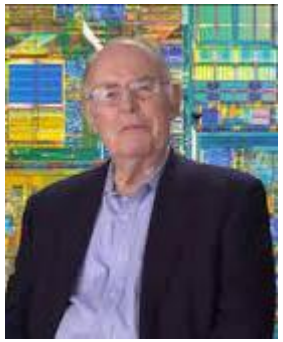




Evolution des technologies

- Evolution des technologies : de plus en plus complexes et chères





MENU Le Point Tech & Net

Tech & Net

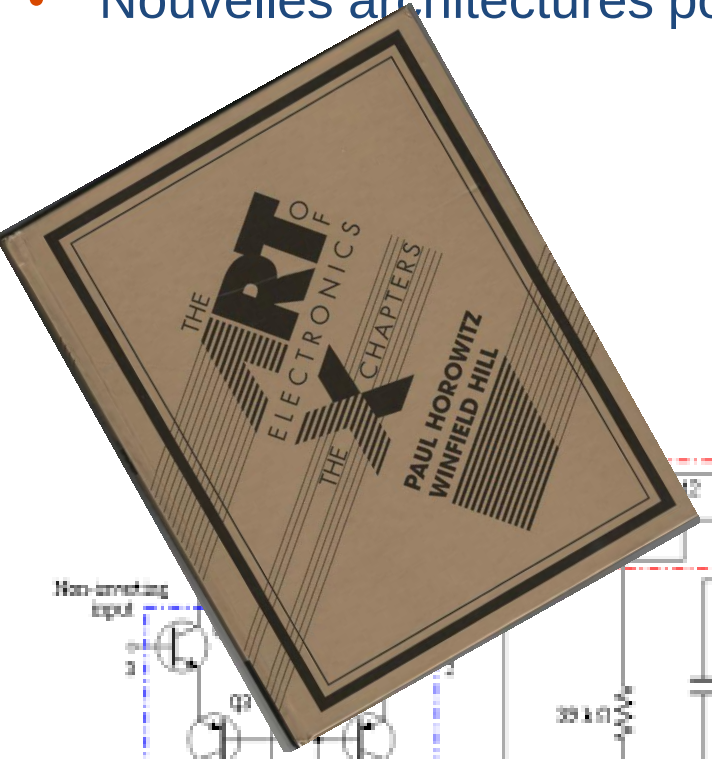
Géostratégie – Le maître des puces sera celui du monde

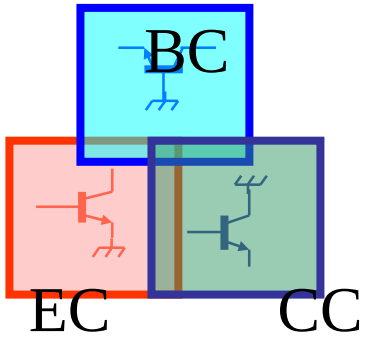
ENQUÊTE. La pénurie actuelle de semi-conducteurs exacerbe la guerre technologique. États-Unis, Chine, Taïwan, Europe : état des lieux des forces en présence.

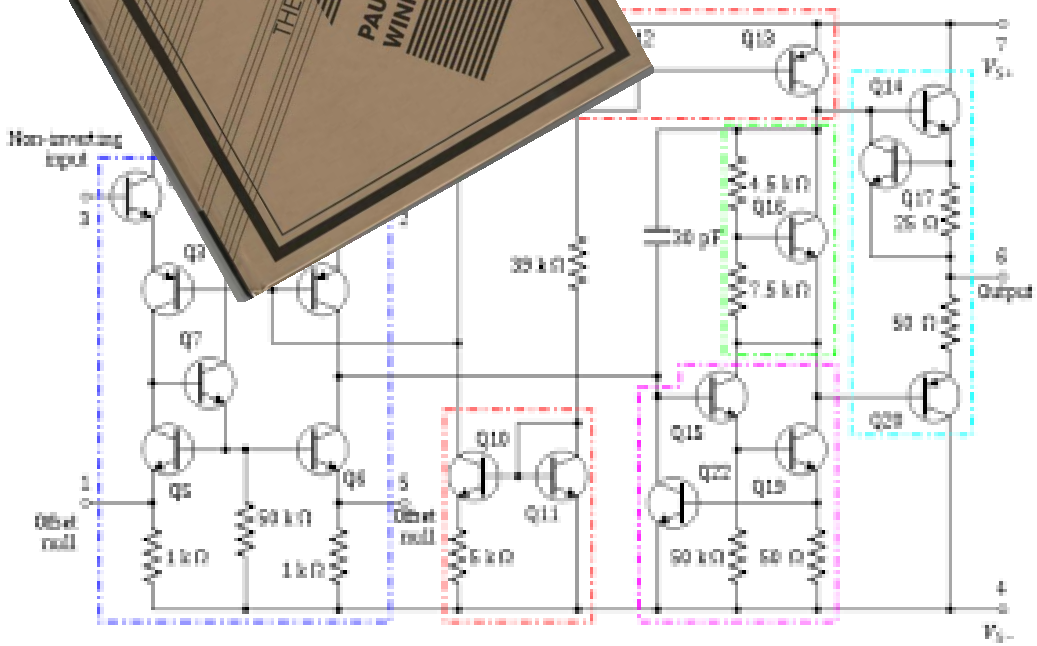
Par Jérémy André (à Hongkong) et Guillaume Grallet

Pourquoi est-ce un domaine de Recherche ?

- Domaine de recherche : publis/thèses/confs, similaire à détecteurs/accélérateurs/computing
- « L'Art du design » : créativité et innovation
- Nouvelles architectures pour nouveaux détecteurs







L’Art de la microélectronique

- L’AI pourra-t-elle remplacer les designers ?

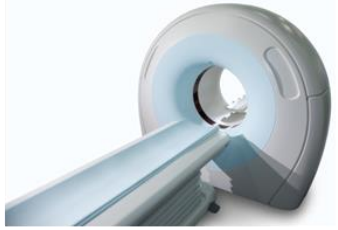
Le laboratoire de microélectronique OMEGA

- Plateforme nationale pour le conception d'ASICs à destination des détecteurs de Physique des particules.
- Créé en 2006 au LAL, devenu UMS à l'X en 2013
- 12 CNRS ingénieurs, hautement spécialisés en conception analogique/numérique bas bruit, résistant aux radiation
- Localisation à l'Ecole Polytechnique pour un lien fort avec l' enseignement et les partenaires industriels Technology.
- Transfert de technologie avec la startup WEEROC

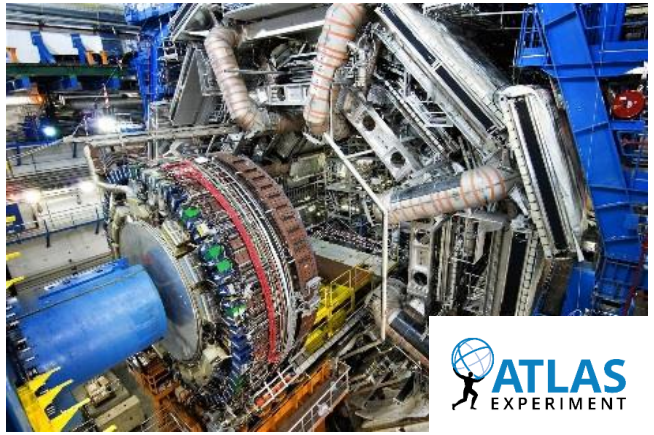
Research, Institute

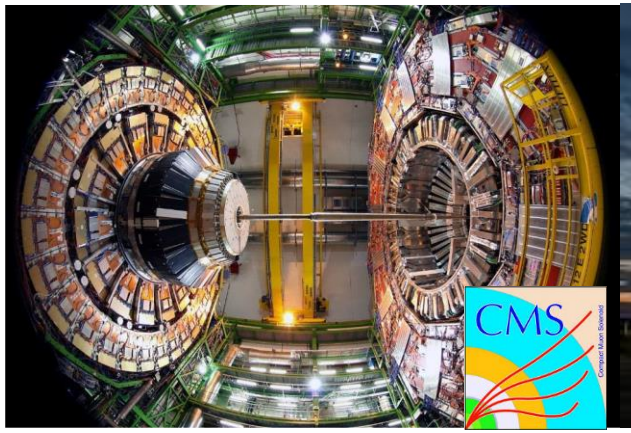
Education, School

Industry, company

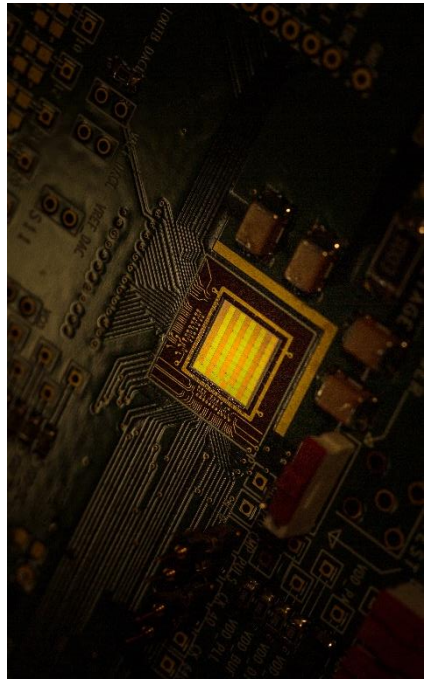


OMEGA projets, produits, collaborations

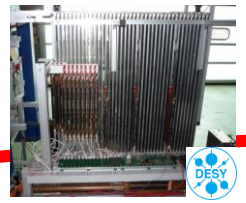




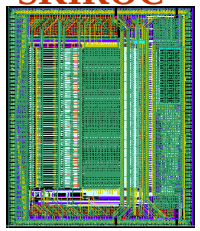
- Larges productions (engineering runs)
  - <> = 4000 chips/yr 200 k€
- Responsabilités dans les grandes expériences
  - ATLAS, CMS, EUSO, JUNO
- Excellente visibilité internationale
- Startup : Weeroc
  - Chips dans Ariane !



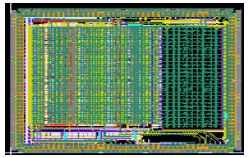
OMEGA ASICs : produits et installés



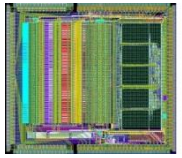
SKIROC



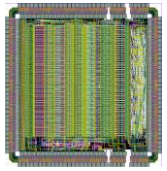
SPIROC



MICROROC

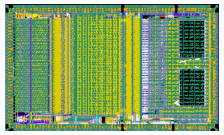


MAROC3

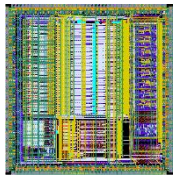


2006

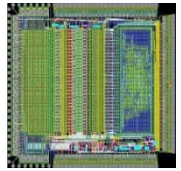
HARDROC



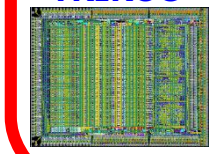
SPACIROC



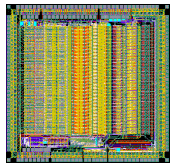
PETIROC



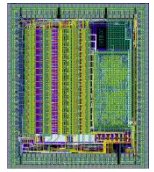
TRIROC



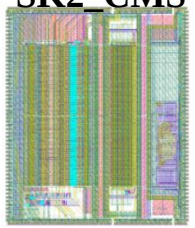
CITIROC



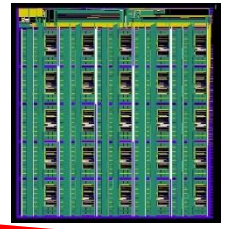
CATIROC



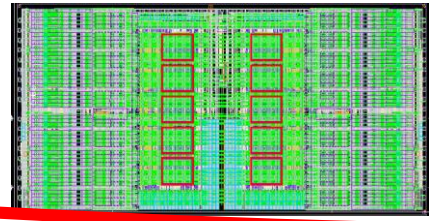
SK2_CMS



ALTIROC



HGROC



2021

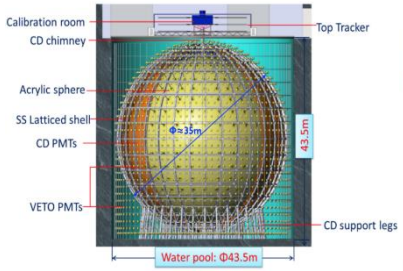
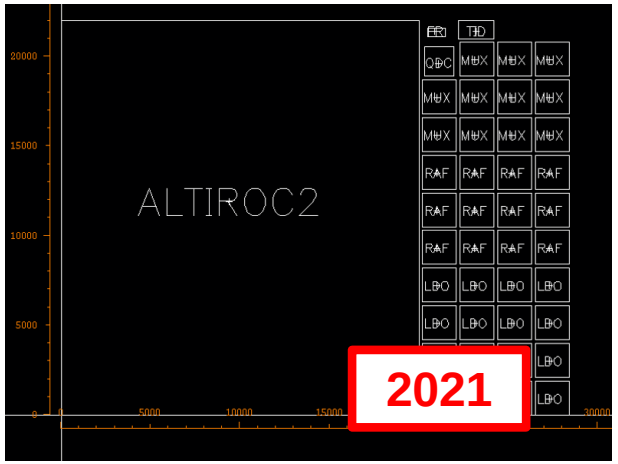
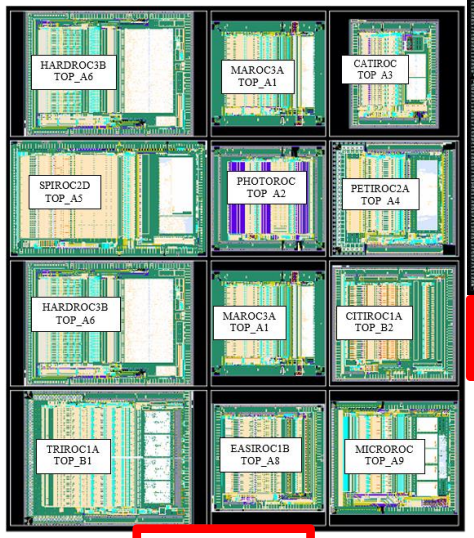


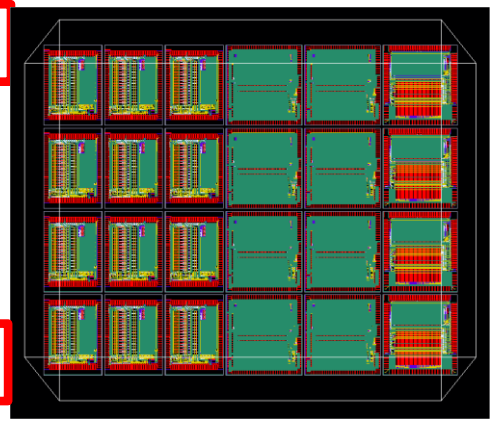
Figure 5.12: Seven 6" silicon sensor modules, equipped with SKIROC2-CMS ASIC, mounted on a copper support/cooling plane during the 2017 beamtest campaign.

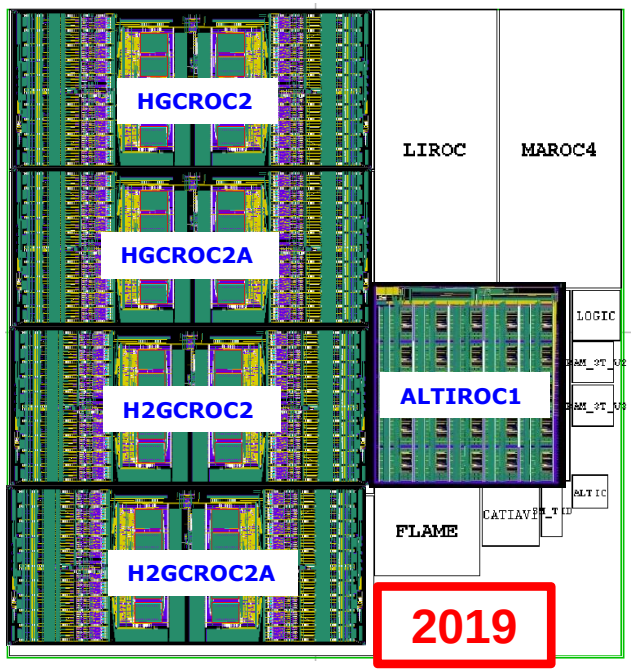
OMEGA Engineering runs

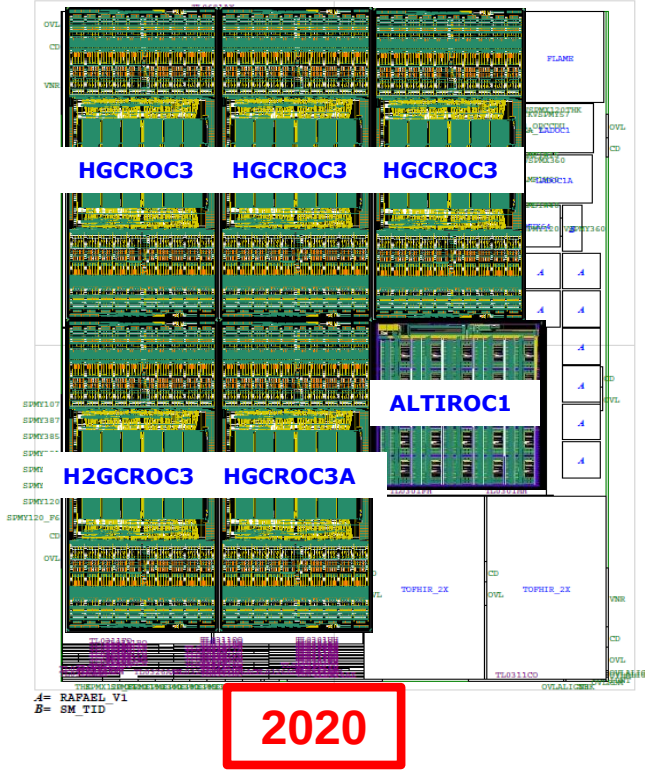
- 6 engineering runs en 8 ans : unique à l'in2p3 !
  - AMS SiGe 0,35um 2014, 2016, 2018
  - TSMc 130nm : 2019, 2020, 2021
  - 6-24 wafers 8'' and 12'' : des milliers d'ASICs fabriqués et utilisés
  - Coût : 200-300 k€, partagé entre projets : très efficient !





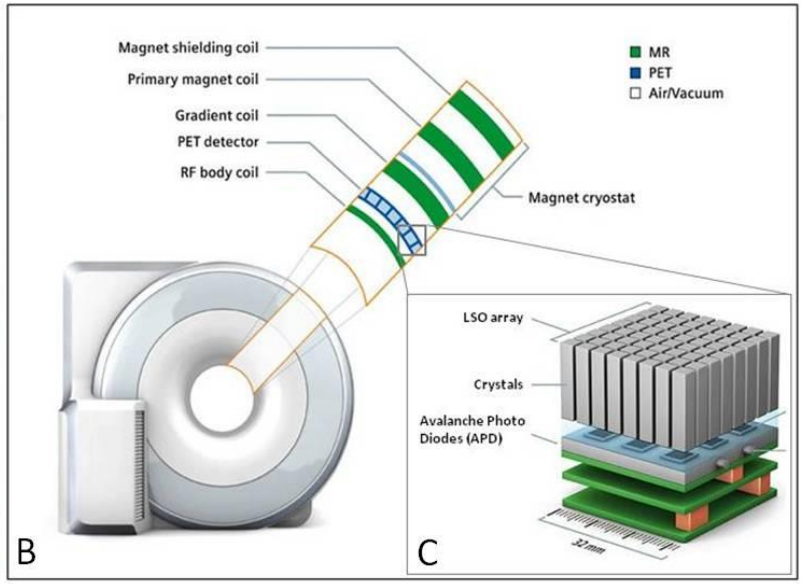


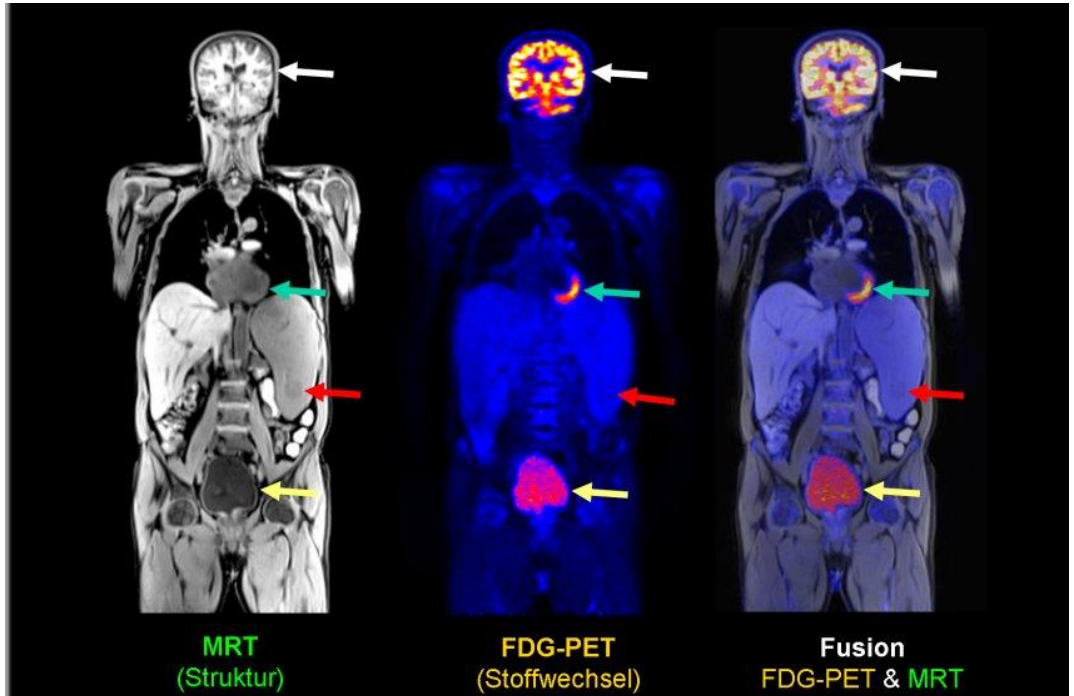


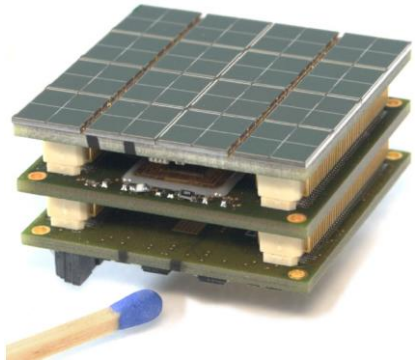


Applications sociétales

- PET/MRI

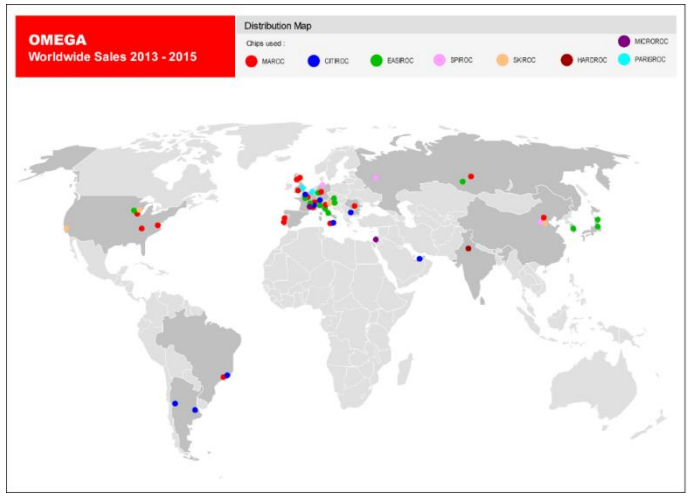






Startup WEEROC

- Startup créée en 2013 pour transfert technologique



Partenariat CAEN pour distribution ASIC et systèmes

Construction du PET/IRM Trimage

- Utilisation des licences CADENCE industrielles

Premiers évènements Cerenkov – ASTRI

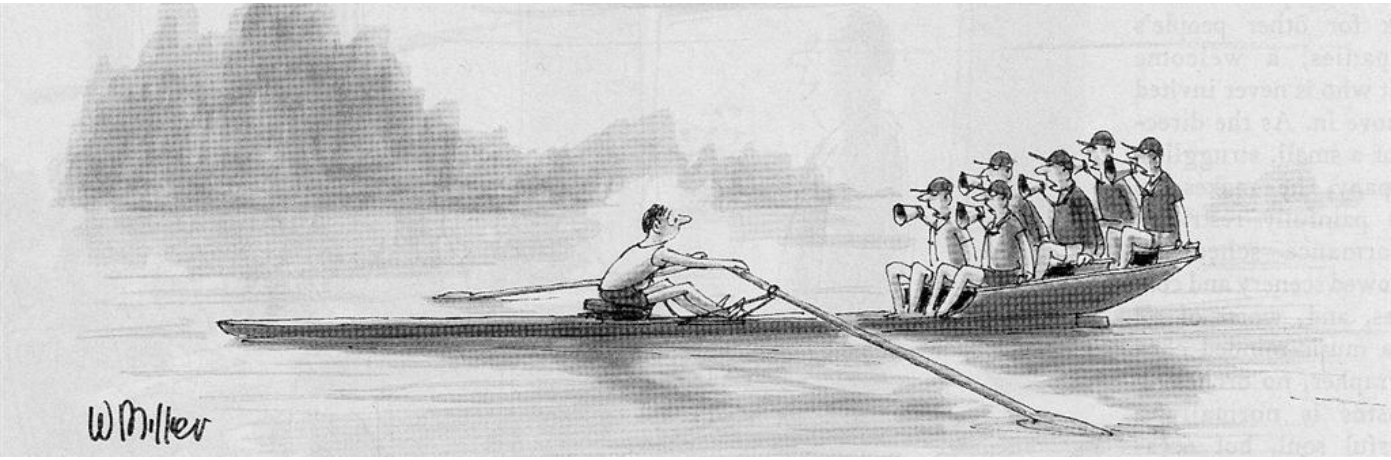
appel d'offre pour 10 télescopes

partenariat IP spatiaux

Vol des circuits Weeroc sur Ariane 5 et satellites

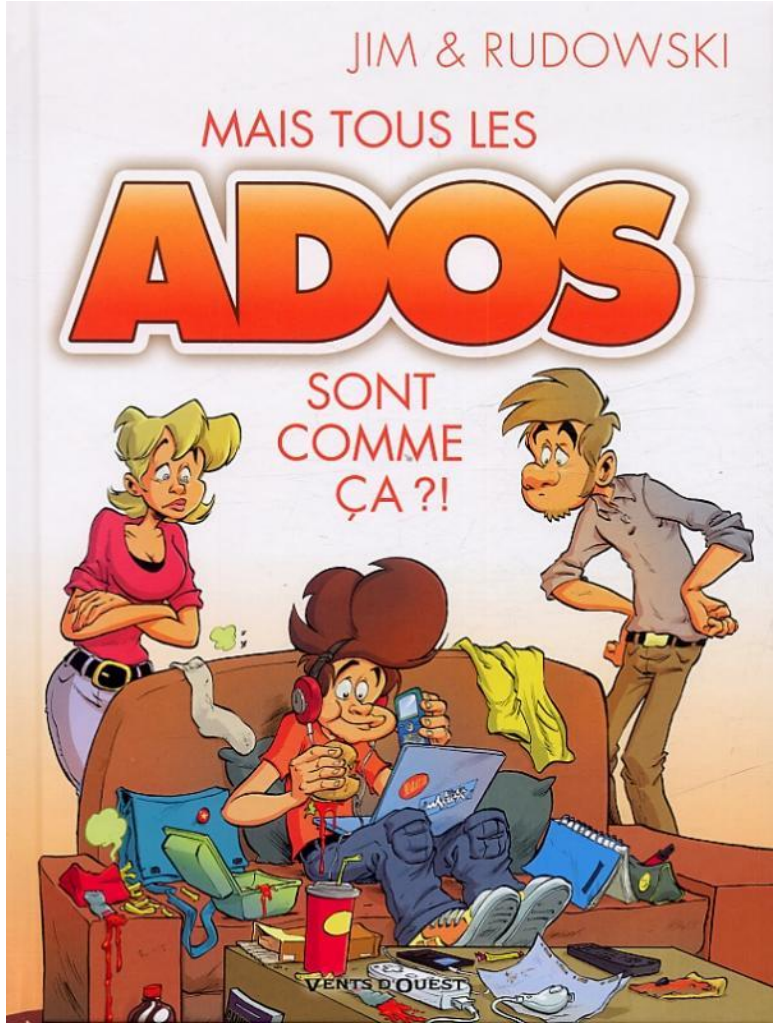
- CA 2020 : 600 k€
- 7 employés

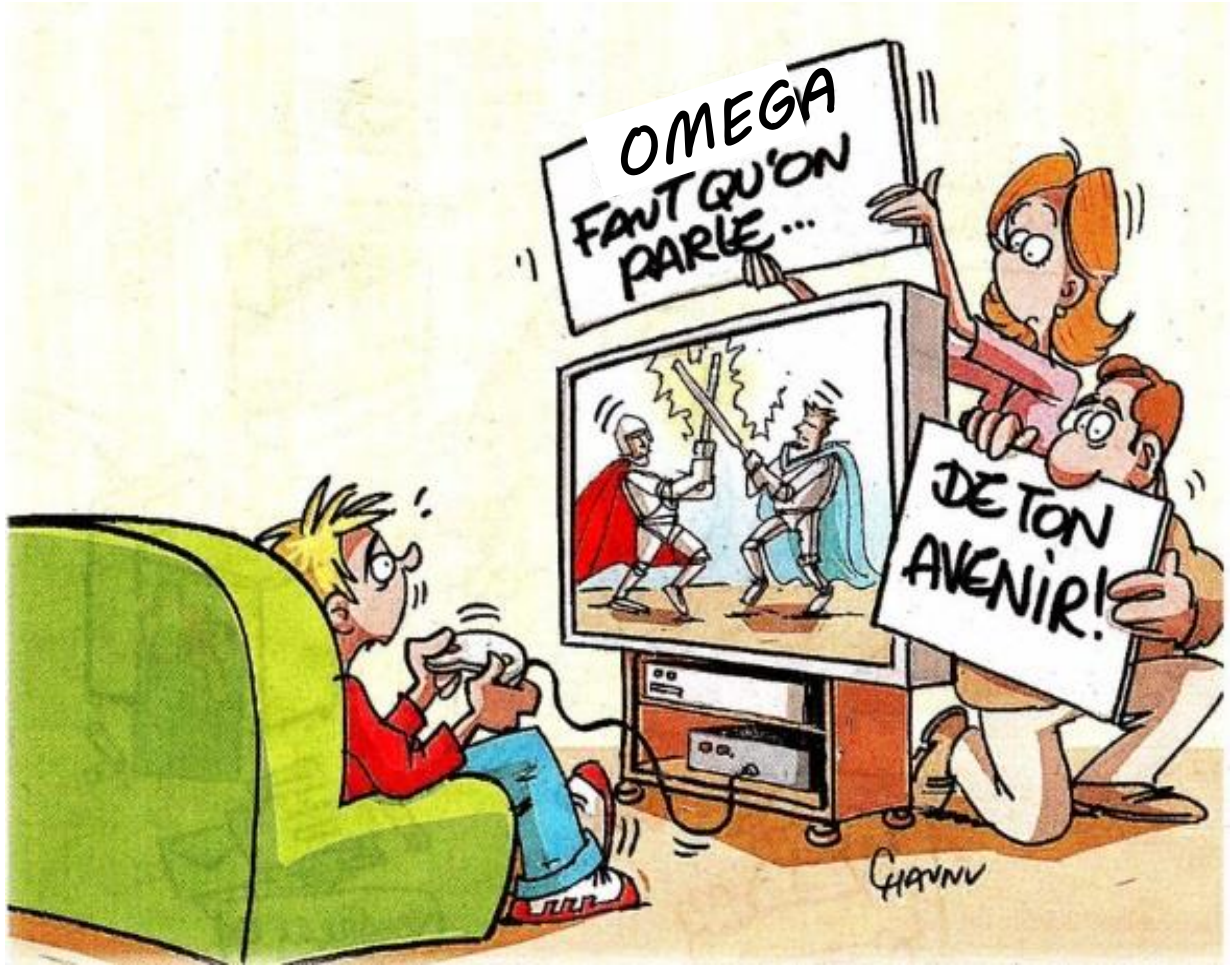
L’importance du travail d’équipe



OMEGA 15 ans : l'âge ingrat ?

- Les ados n'écoutent pas tellement leurs parents…
- Les parents ne comprennent pas tellement leurs ados…
- Garder ouvert le dialogue !



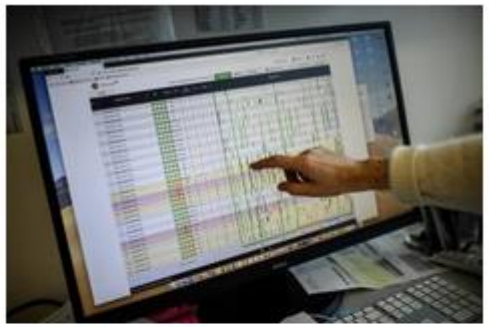


Prospective

- Concentration dans la « colla-pétition » mondiale
  - Importance de la masse critique et de la visibilité
  - Fort soutien des ASICs à l'international (M$), moins en France (?)
  - La structure d'OMEGA a montré son efficacité RH et $$
  - Position privilégiée pour les liens enseignement/industrie

- Pour les grands projets et pour faire face à la complexification croissante : besoin organisation similaire au calcul : TIER0/TIER1/TIER2
  - TIER0=CERN, TIER1=CC/OMEGA, TIER2=labos
  - Le CERN ne voudra/pourra probablement plus interagir avec tous les TIER2
  - L'augmentation des coûts demande une mutualisation des forces
  - L'augmentation de la complexité demande une concentration des expertises

- Problème d'attractivité en microélectronique dans la recherche publique
- Décalage de compréhension du domaine dans les labos
- La bureaucratie étouffe l'innovation
- La masse critique a augmenté mais pas OMEGA…



« Derrière l'Institut Pasteur et Sanofi, c'est tout l'appareil de la recherche française qui a décroché »

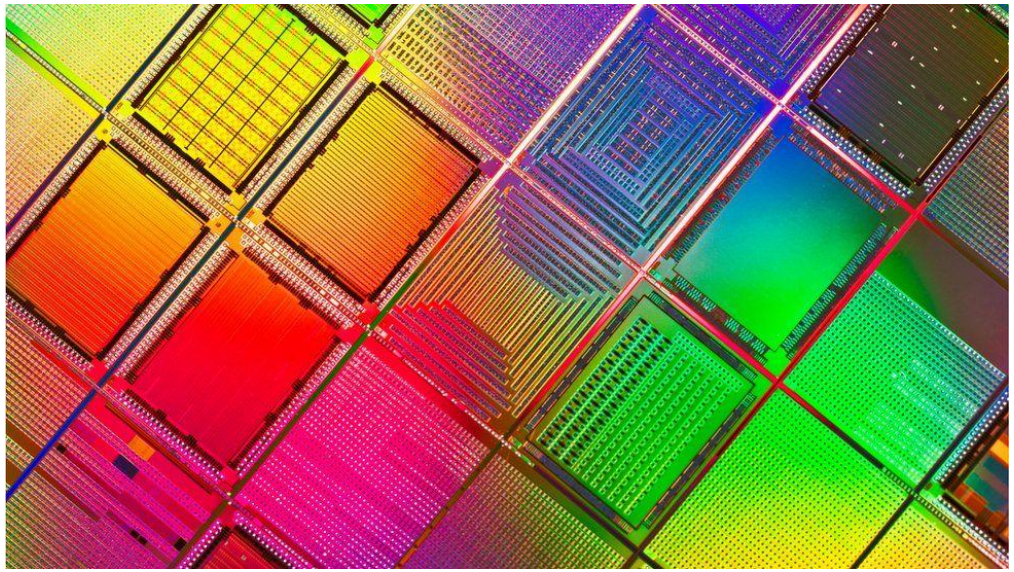
[Ph. Escande *Le Monde* 28/1]

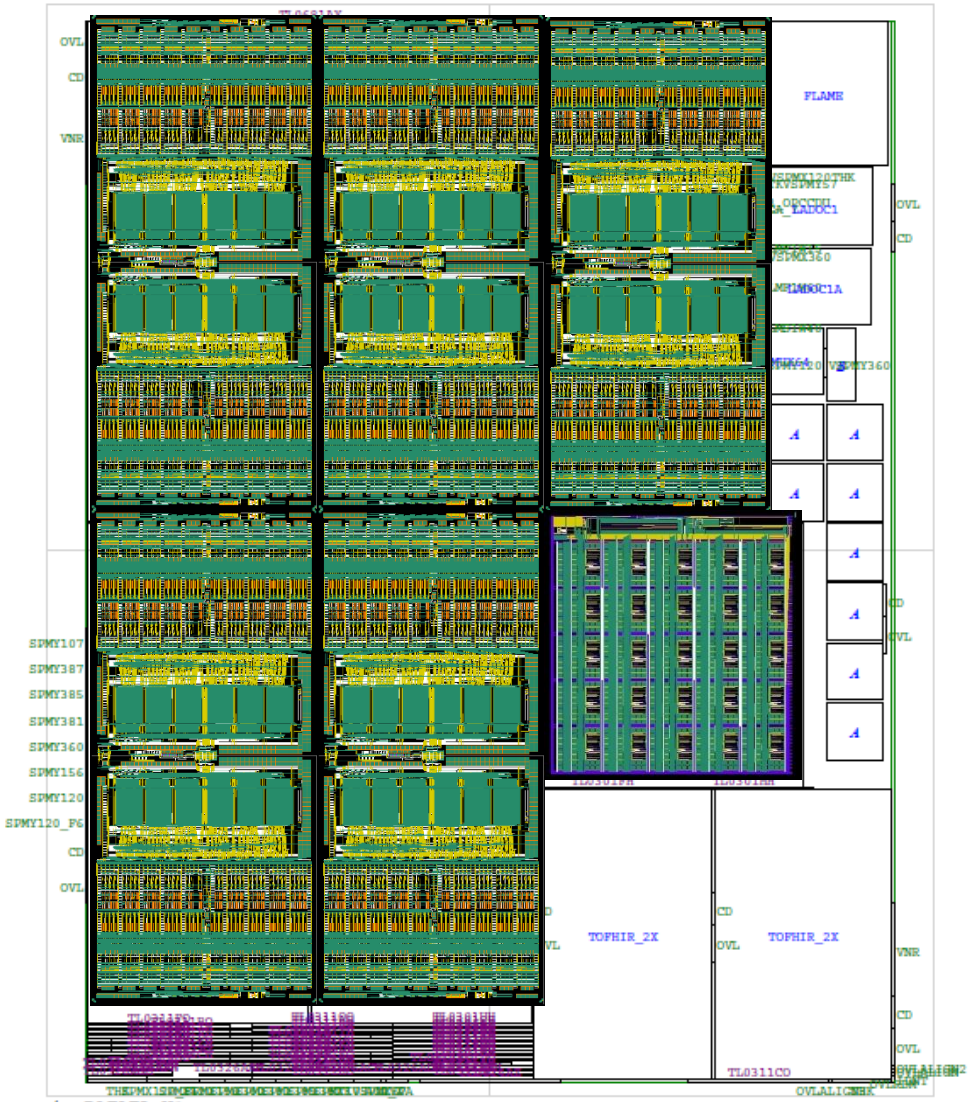
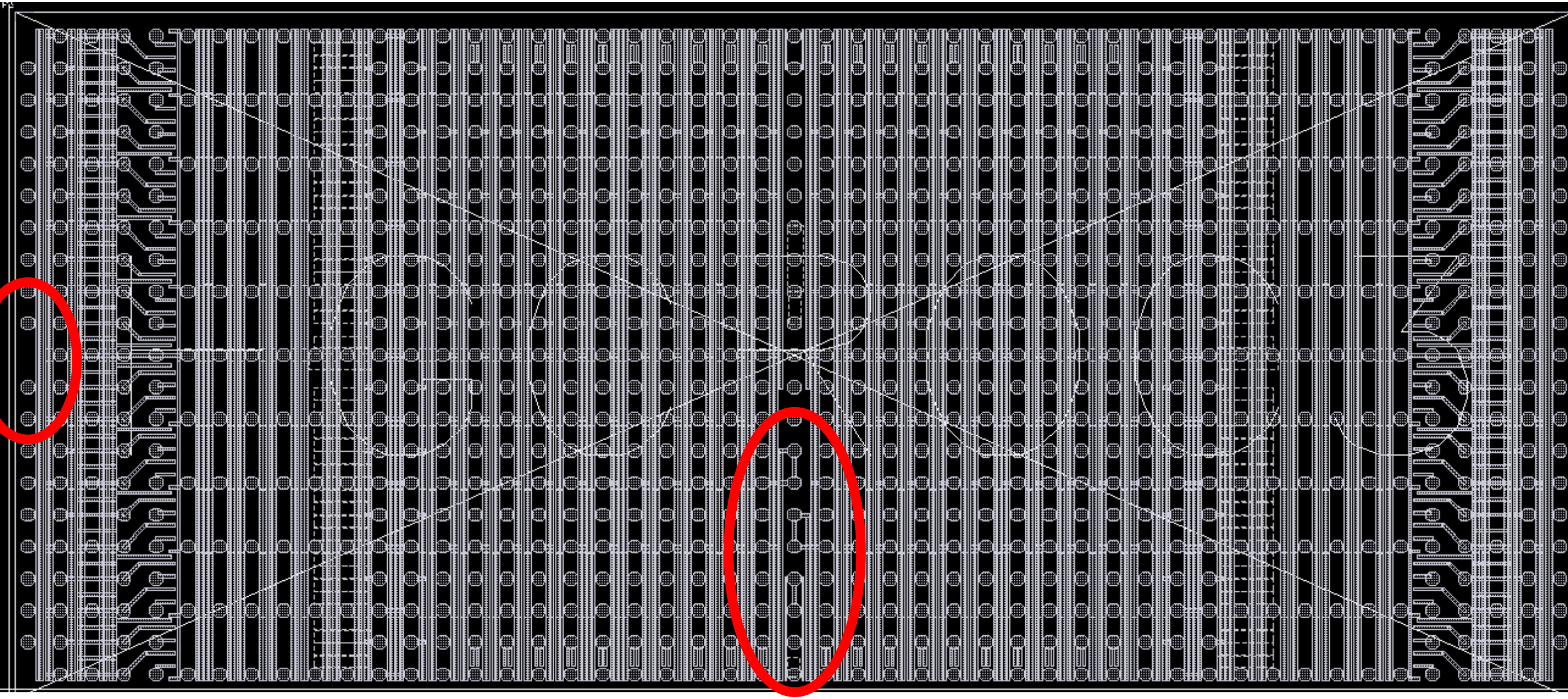
CHRONIQUE

Conclusion

- OMEGA : un laboratoire spécial pour le design d'ASICs !
- Un domaine stratégique pour l'IN2P3 et l'IPP
- 15 ans déjà, le moment de penser à l'avenir…

- Encore bon anniversaire à l'in2p3 (et à OMEGA) !
- Et merci à tous celles/ceux qui contribuent à ses succès





A= RAFAEL_V1
B= SM_TID