



OPERA-ROC

a front-end chip
for OPERA multi-anode photomultipliers

- Phases de R&D : 2000- début 2003
- Production/validation: 2003
- Epilogue

S. BONDIL¹, K. BORER², A. CAZES¹, J.E. CAMPAGNE¹, M. HESS², C. de LA TAILLE¹,
A. LUCOTTE¹, G. MARTIN-CHASSARD¹, L. RAUX¹, J.P. REPELLIN¹

¹LAL Orsay

IN2P3-CNRS - Université Paris-Sud - B.P. 34 - 91898 Orsay cedex - France

²BERN University

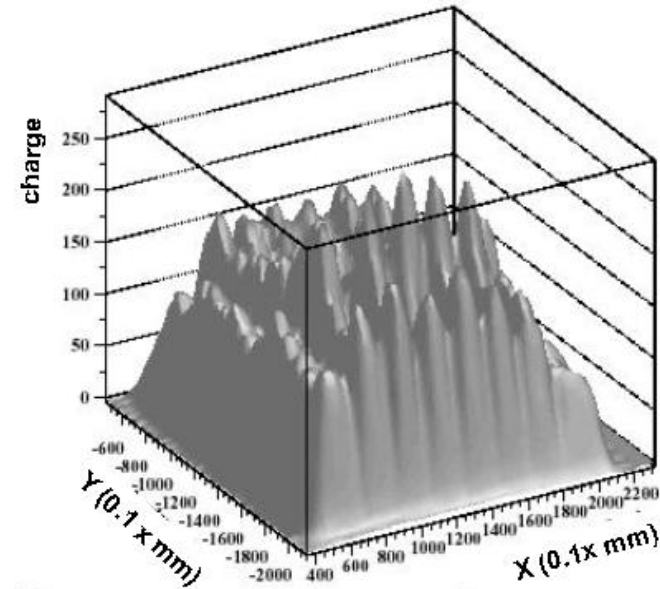
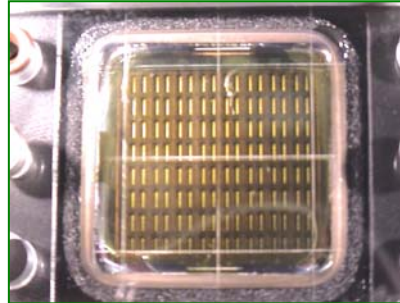
Berne - Switzerland

<http://www.lal.in2p3.fr/opera>

Photodetector : MaPMT

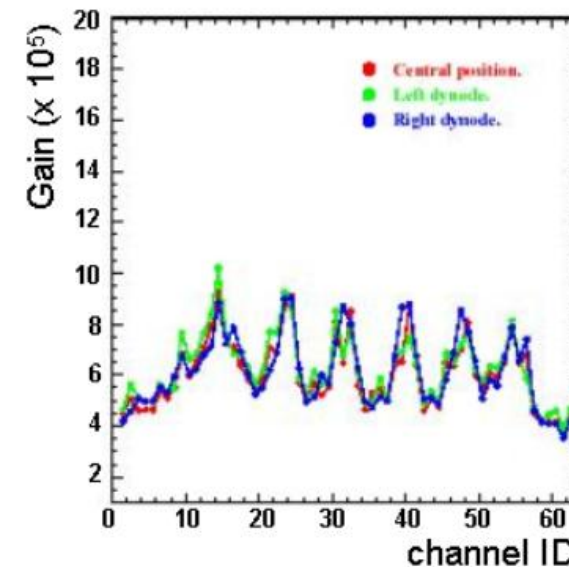
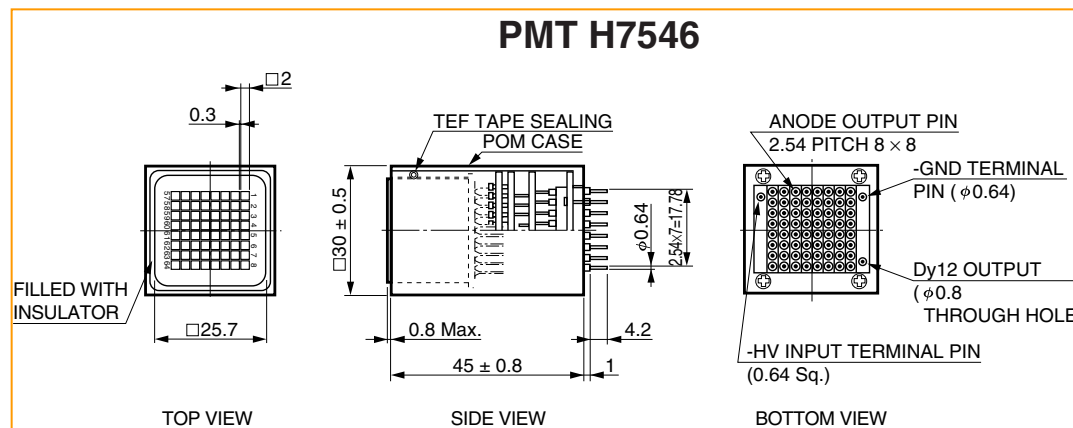
Multi-anode Photomultiplier tube

- Hamamatsu H7546
- 64 channels
- HV = 800-900V
- $G = 3 \cdot 10^5 - 10^6$
- 1-3 non uniformity
- 1000 tubes



Signal : ~ 5 p.e./MIP

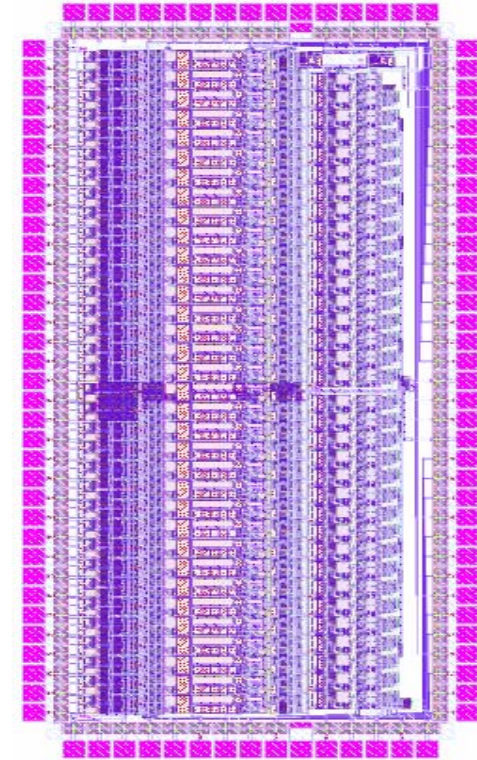
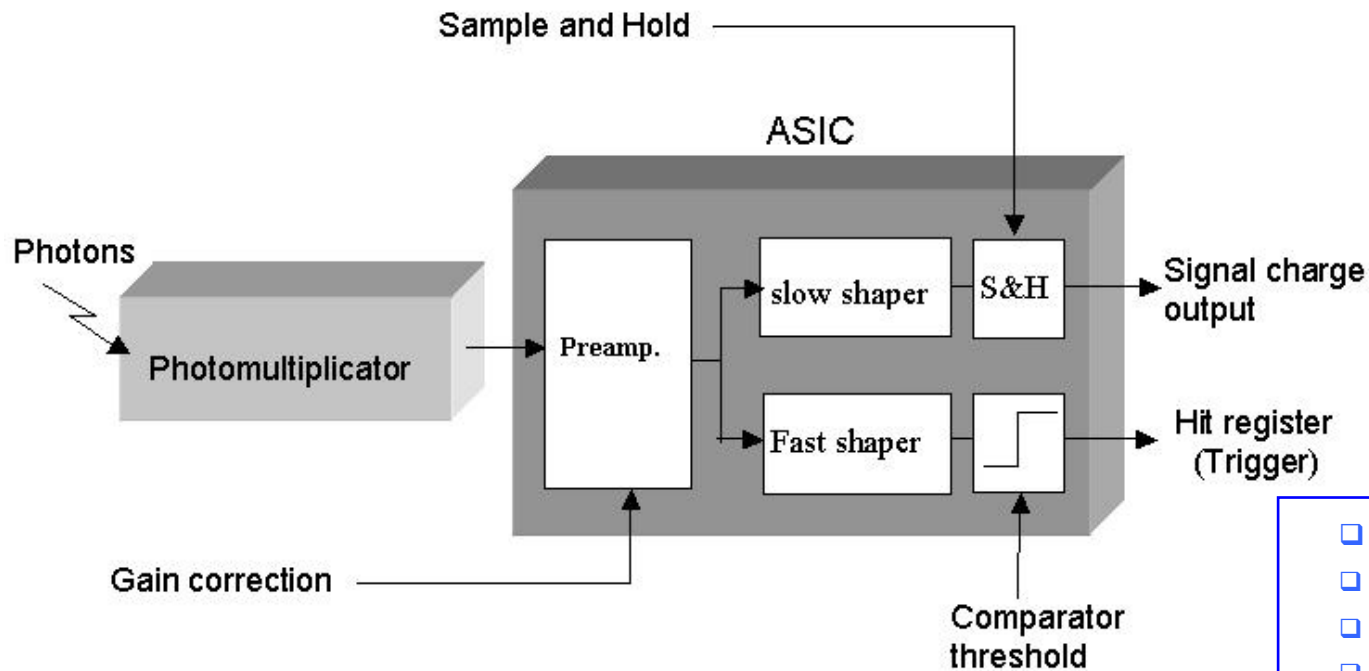
- Max ~ 100 p.e.



OPERA_ROC : chip overview

■ Requirements

- Variable gain 1-3
- Auto-trigger on 1/3 photoelectron (p.e.)
- Multiplexed charge readout 0.1-100 p.e.
- Low noise (< 0.1 p.e.), 1% linearity



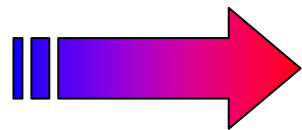
- Technology: AMS BiCMOS 0.8 μm
- Chip area : 10 mm^2
- Package : QFP100
- 32 channels, 5V power supply
- Power consumption : 185 mW



- **Début 2000:** suite à la montée en puissance des 64-MaPMT face aux HPD de proximité: 1er chip LAL-IReS. ASIC BiCMOS 0,8 μ m.
- **Juillet 2000:** CS-LAL avec comme engagement l'électronique frontale du TT
- **2001:** OPERA choisi les 64-MaPMT et sa technologie de TT (scintillateurs plastiques). 1er chip (V1) 32 canaux LAL en collaboration avec Berne (carte fille)
- **Juillet 2002:** test V1 + chip mécano 1voie (M) ayant de nouvelles versions d'essais (préamp./shaper/T&H)

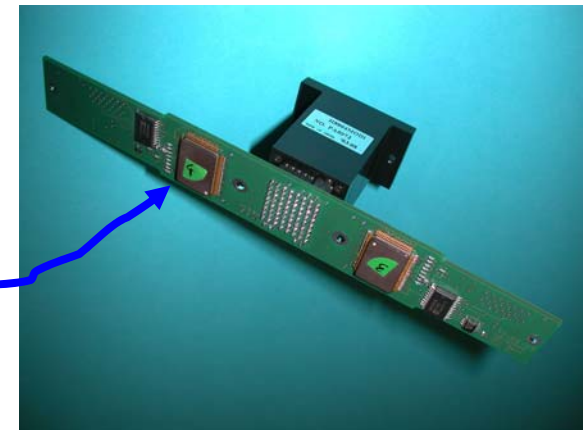


- Fin 2002:
 1. soumission version V2 présentant des modifications « mineures » par rapport à la V1 et constituant la version de base pour OPERA;
 2. Soumission version V2M intégrant les apports du chip Mécano ayant été jugés satisfaisants;
- **1er semestre 2003**: validation complète de V2M (LAL-Berne)



Phase de Production

- **juillet 2003:**
 1. 3400 chips (1984 pour OPERA)
 2. API2P3: 50k€ pour OPERA
- **Fin 2003:** livraison à Berne de l'ensemble des chips



Fast shaper performance

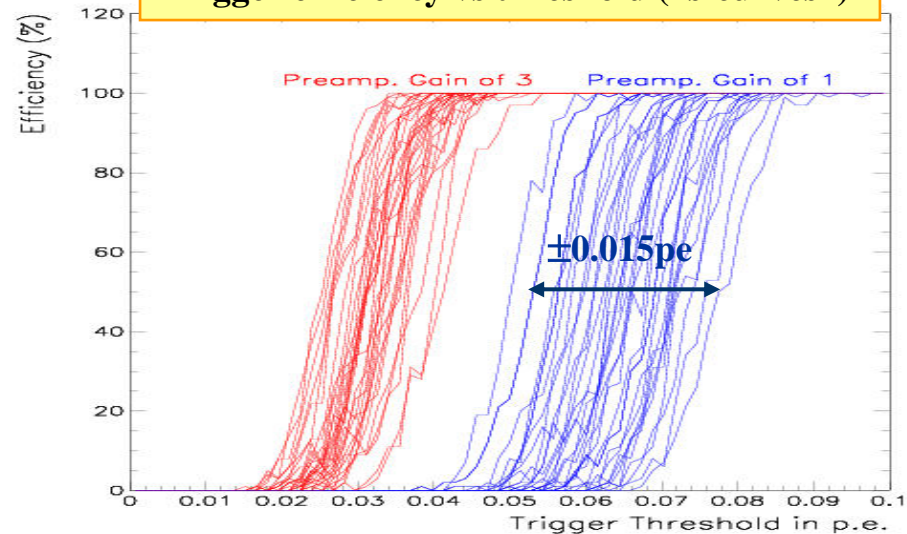
Fast Shaper :

- Gain: 2.5 V/pC (400 mV/p.e.)
- Peaking time: $t_p \sim 15$ ns
- Noise RMS: ~ 1.8 mV (~ 0.005 p.e.)

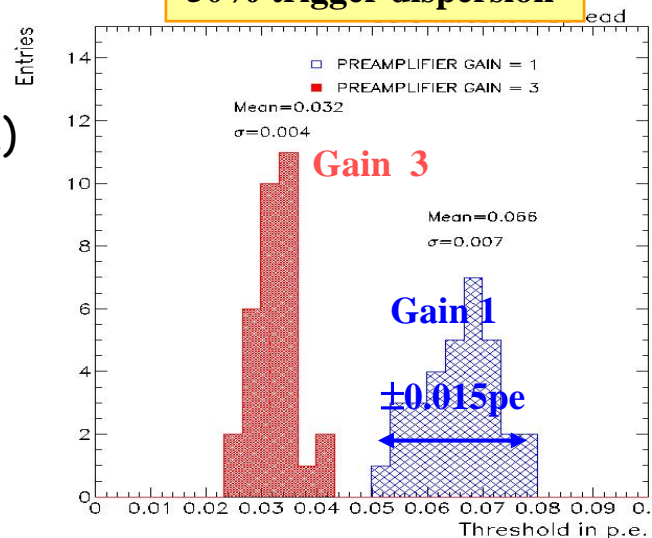
Comparator :

- Efficiency: $\varepsilon = 100\%$ down to $1/10$ p.e. (goal: $1/3$)
- Threshold spread: $\sim \pm 0.015$ pe (pk to pk)
- Timewalk : 14.5 ns
- Dark rate (no HV) $\ll 1$ Hz

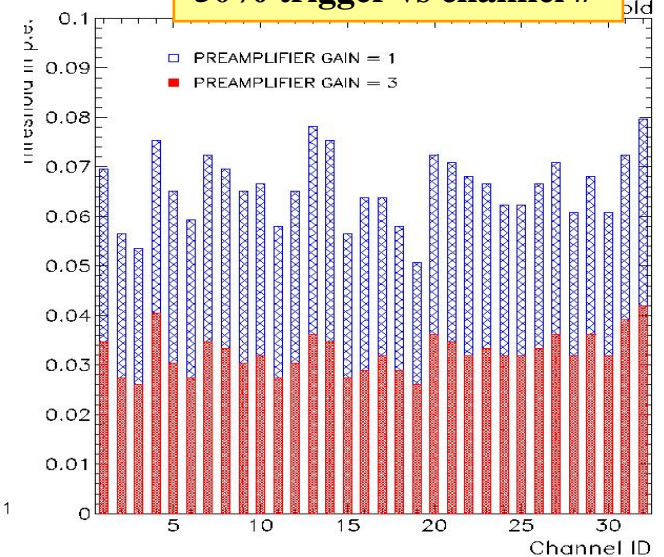
Trigger efficiency vs threshold (“s-curves”)



50% trigger dispersion

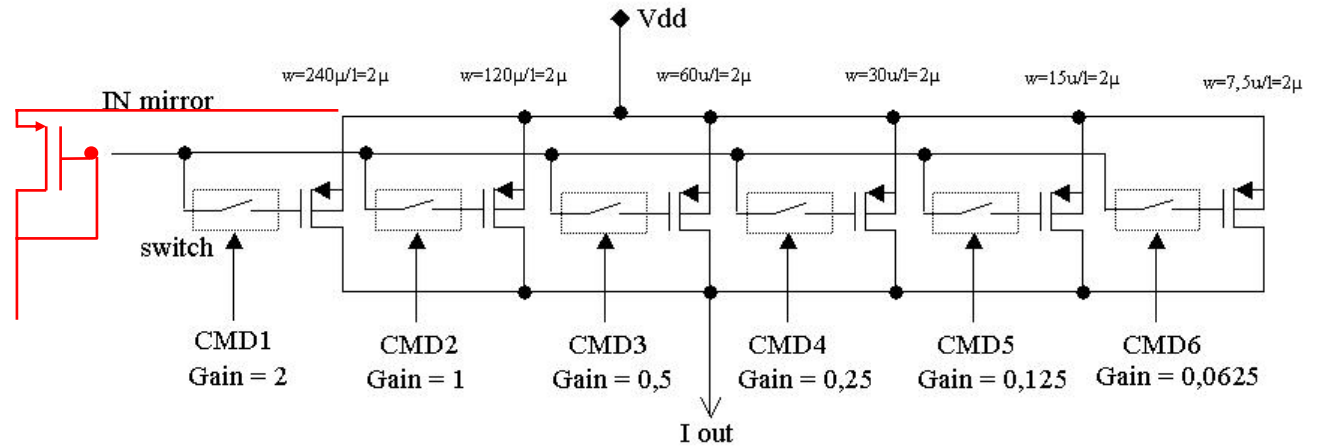


50% trigger vs channel #

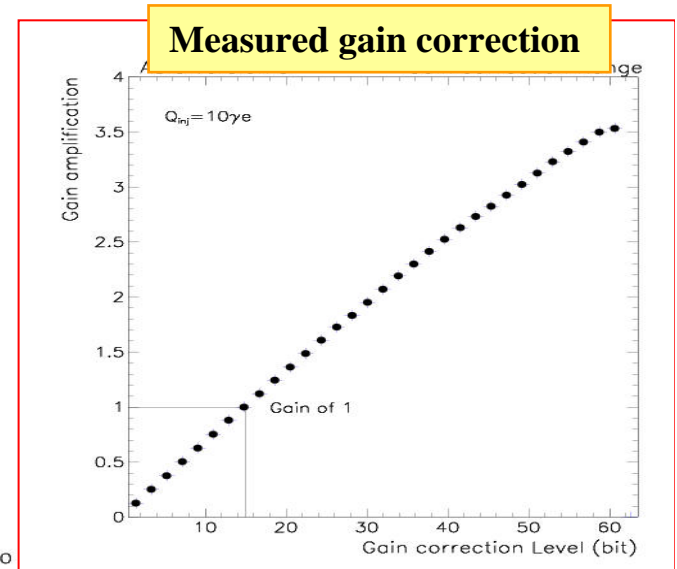
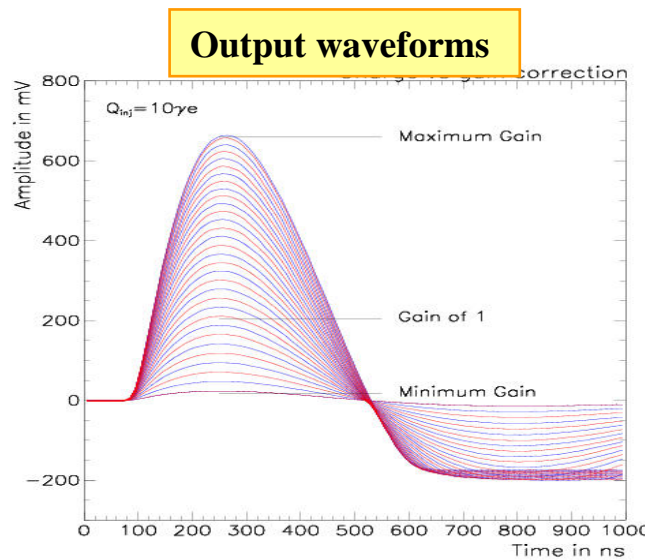


Variable gain amplifier

- Based on scaled current mirrors
 - 6 bits : 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16
 - Range : 0 - 3.8
 - Linearity ~2%
 - DC bias = 20 μ A
 - $Z_{in} \sim 4 \text{ k}\Omega$

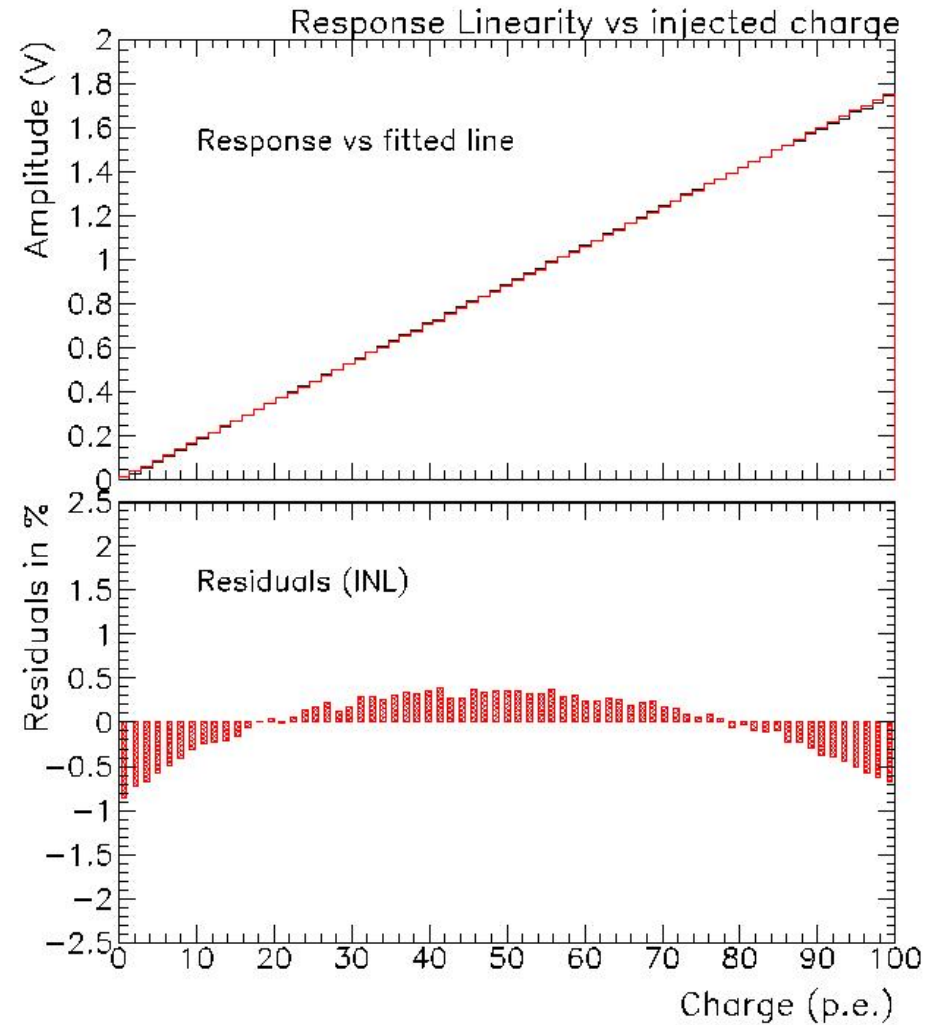
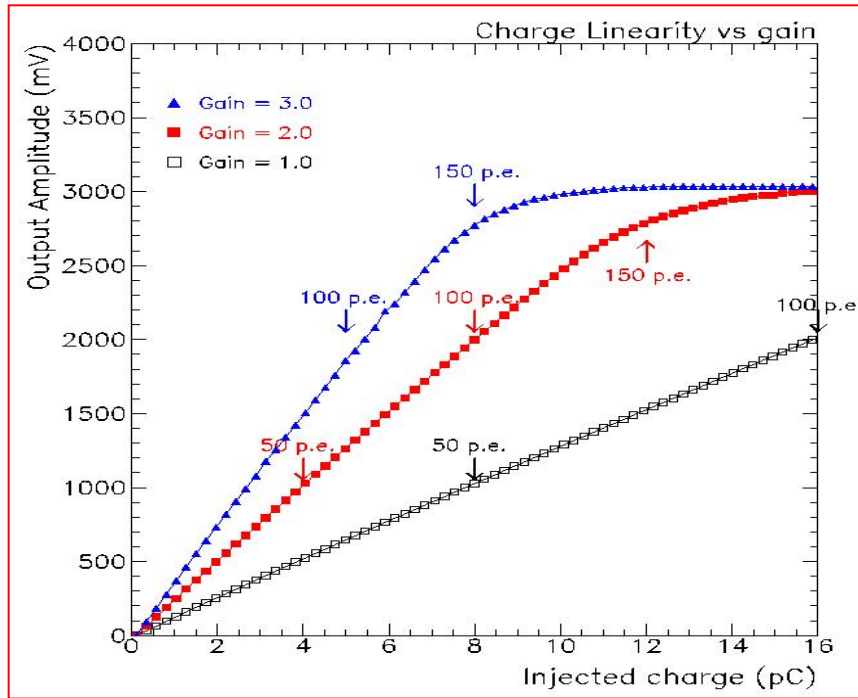


- Needs a current conveyor upstream



Charge readout performance (2)

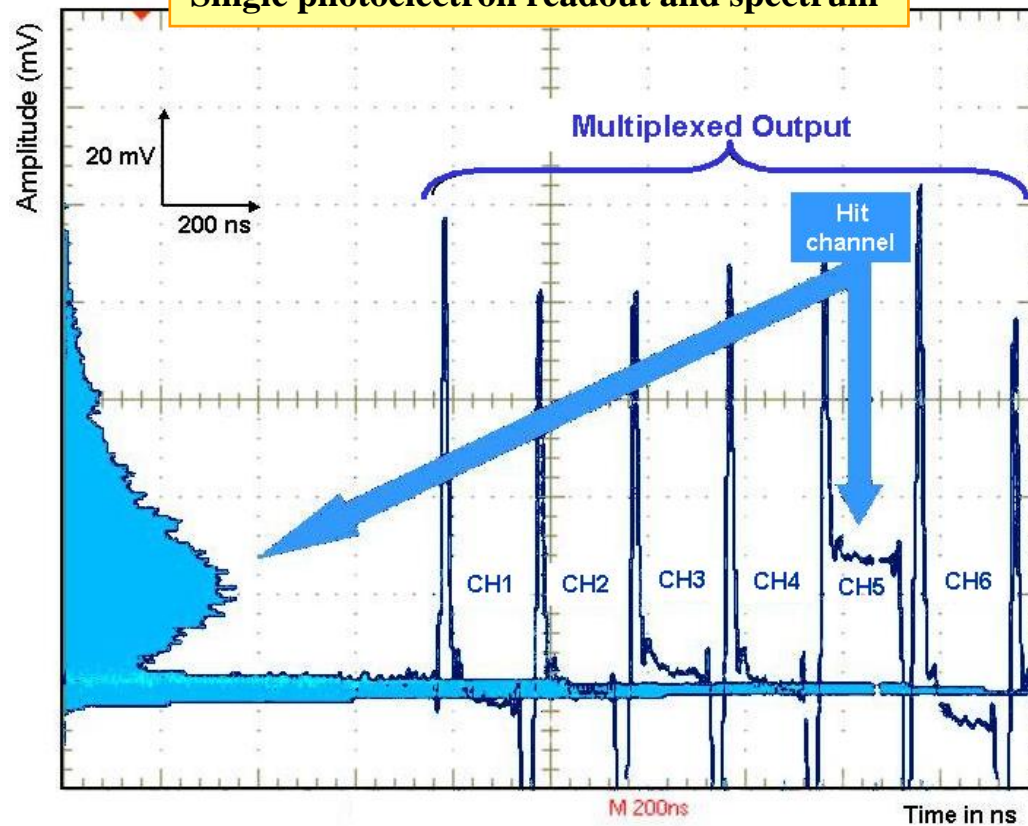
- **Dynamic range : 100-150 p.e.**
 - ~3 V output swing ; 2.3 V linear range
 - Linearity : INL ~ 1%
- **Readout frequency : 5 MHz**
 - 6.4 μ s for the 32 channels
- **Crosstalk < 0.5%**



Spectrum with PMT

- Measurement of PMT with Bern front-end board
 - 8 pixels illuminated, trigger set by the chip (at 0.15 p.e.)
 - « Single » photoelectron injection

Single photoelectron readout and spectrum



Pedestal : 8.6 mV
rms 1.4 mV
1 p.e. -> 20 mV
P/V ~ 2



Publications

- Présentation à IEEE03 (CdT)
- **NIM**: A. Lucotte, et al: "A front-end read out chip for the OPERA scintillator tracker": [LAL/RT 03-07](#), [NIM A 521 \(2004\)](#) 378-392.
- **OPERA 57 (janvier 2004)** : R. Bernier et al. : « Validation of 2400 front end Read Out Chips for the OPERA Target Tracker »
- **OPERA 41 (juin 2003)**: A. Lucotte et al.: « The OPERA ROC: a front-end Read Out Chip for the OPERA Target Tracker" »
- **OPERA 40 (mai 2003)**: A. Lucotte et al.: "Design and performance of an Front-End electronic ASIC for the OPERA Target Tracker: Version2"
- **OPERA 34 (novembre 2002)** avec S. Bondil et al.: « Performances of the 32-channels Front End electronic chip ».



« Essaimage »

- Version grand gain : PACVG
- Grande gamme dynamique, faible bruit pour ILC W-Si calo: FLCPHY3 <http://www.lal.in2p3.fr/flc>
- *Électronique pour un détecteur « MégaTonne » (ANR);*
- Application médicale à l'IReS: comptage de photons pour éviter des surdoses lors de traitements en radiothérapie
<http://ireswww.in2p3.fr/ires/imaging>

Nb: proto $0,8\mu\text{m}$ ~ 5k€ mais en $0,35\mu\text{m}$ 10k€

Variants (2)

<http://ireswww.in2p3.fr/ires/imaging>

■ Medical imaging (*D. Staub et al. IReS Strasbourg*)

- Dosimeter to avoid overexposure
- Lattice of scintillating fibers
- MaPMT 64ch Hamamatsu
- Photon counting with OPERA_ROC chip

