



LIDAR pour la mesure du CO₂ atmosphérique et du vent (COWI)



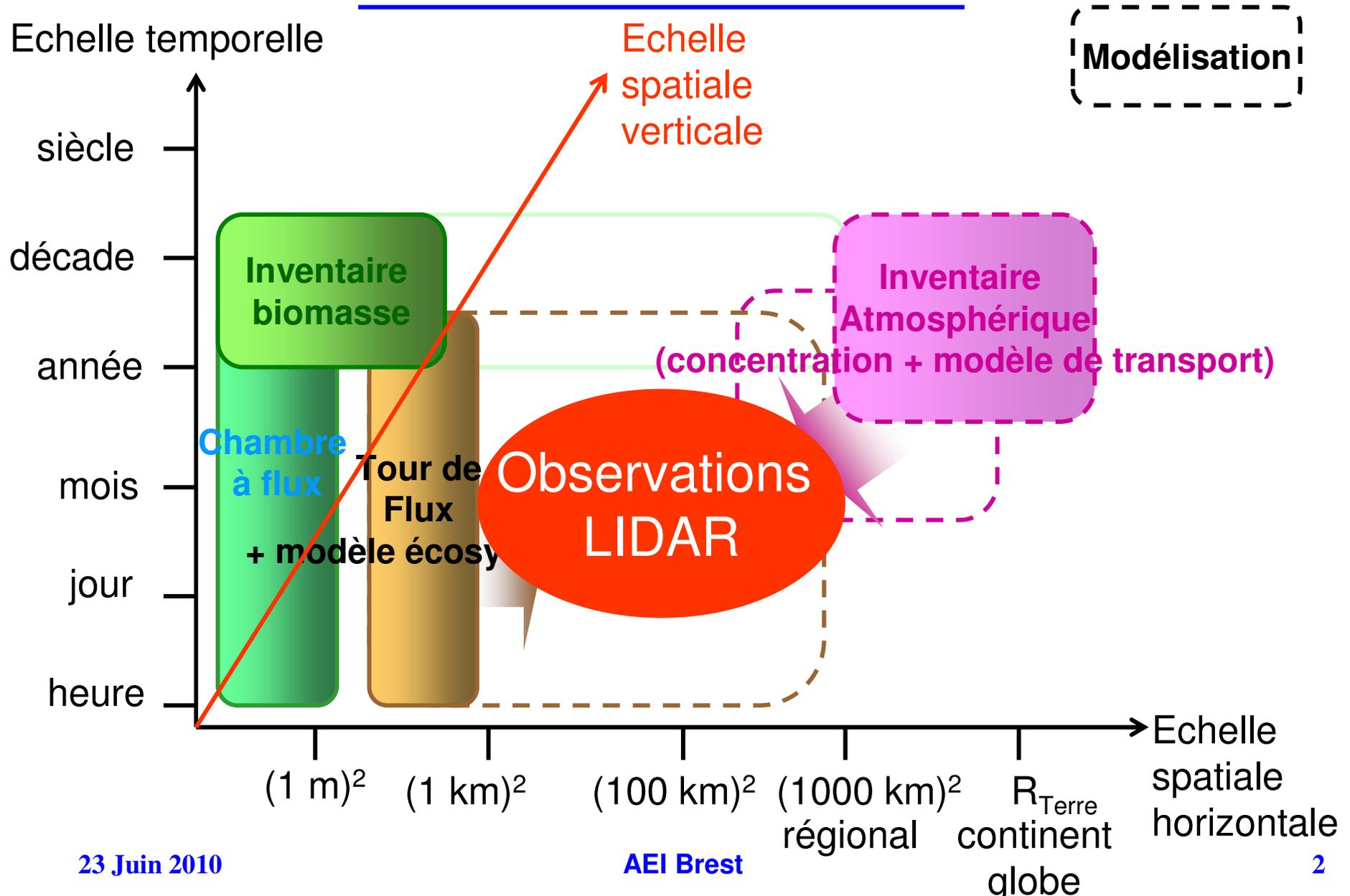
Fabien Gibert, Dimitri Edouart, Claire Cénac, Florian Le Mounier, Jihane Sayadi, Pierre Flamant

Laboratoire de Météorologie Dynamique
Institut Pierre et Simon Laplace
Equipe Atmosphère, Biosphère et Climat, Télédétection

gibert@lmd.polytechnique.fr



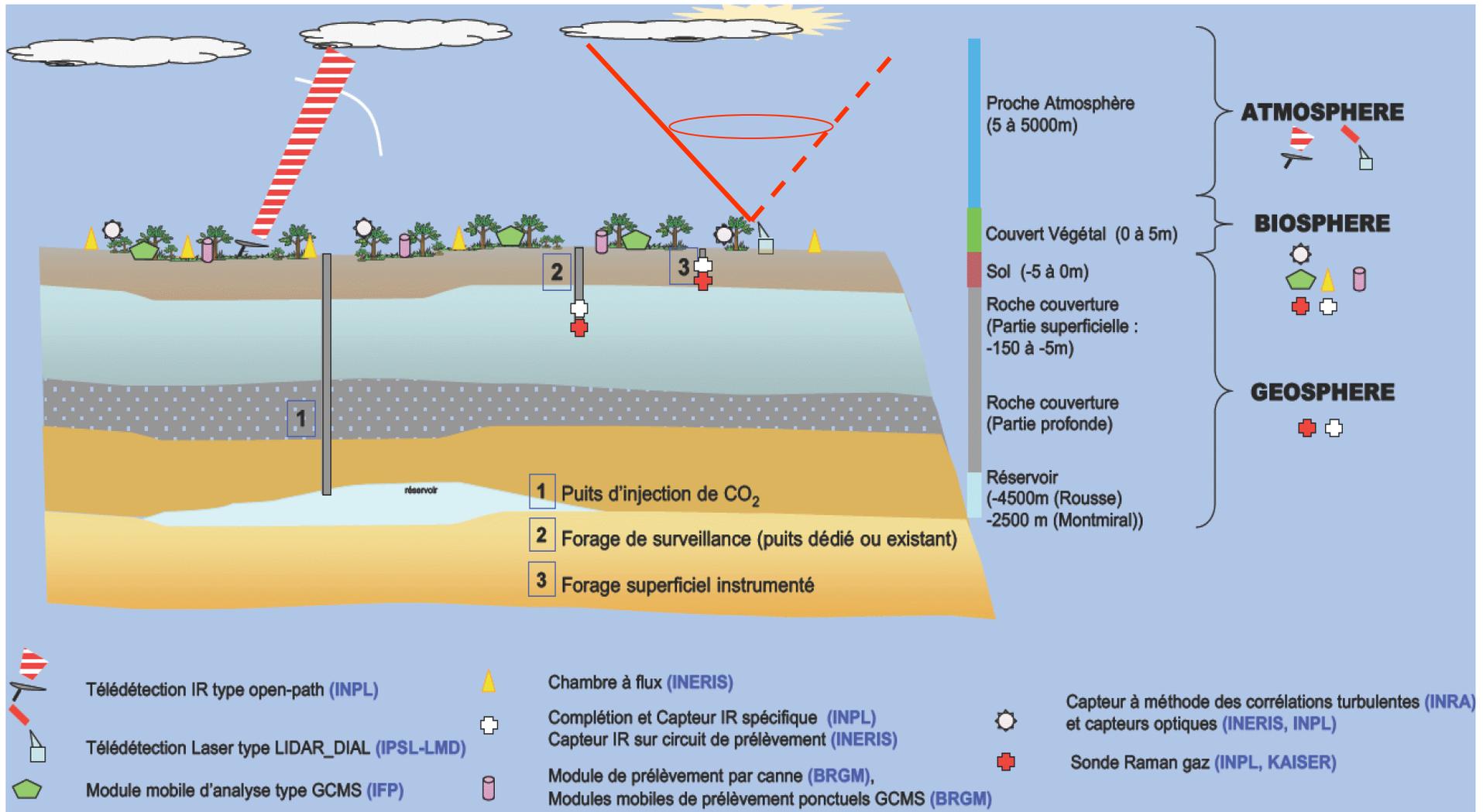
Cycle du carbone, flux de CO₂ et continuité d'échelle



Mesure 3D de la concentration du CO₂ atmosphérique

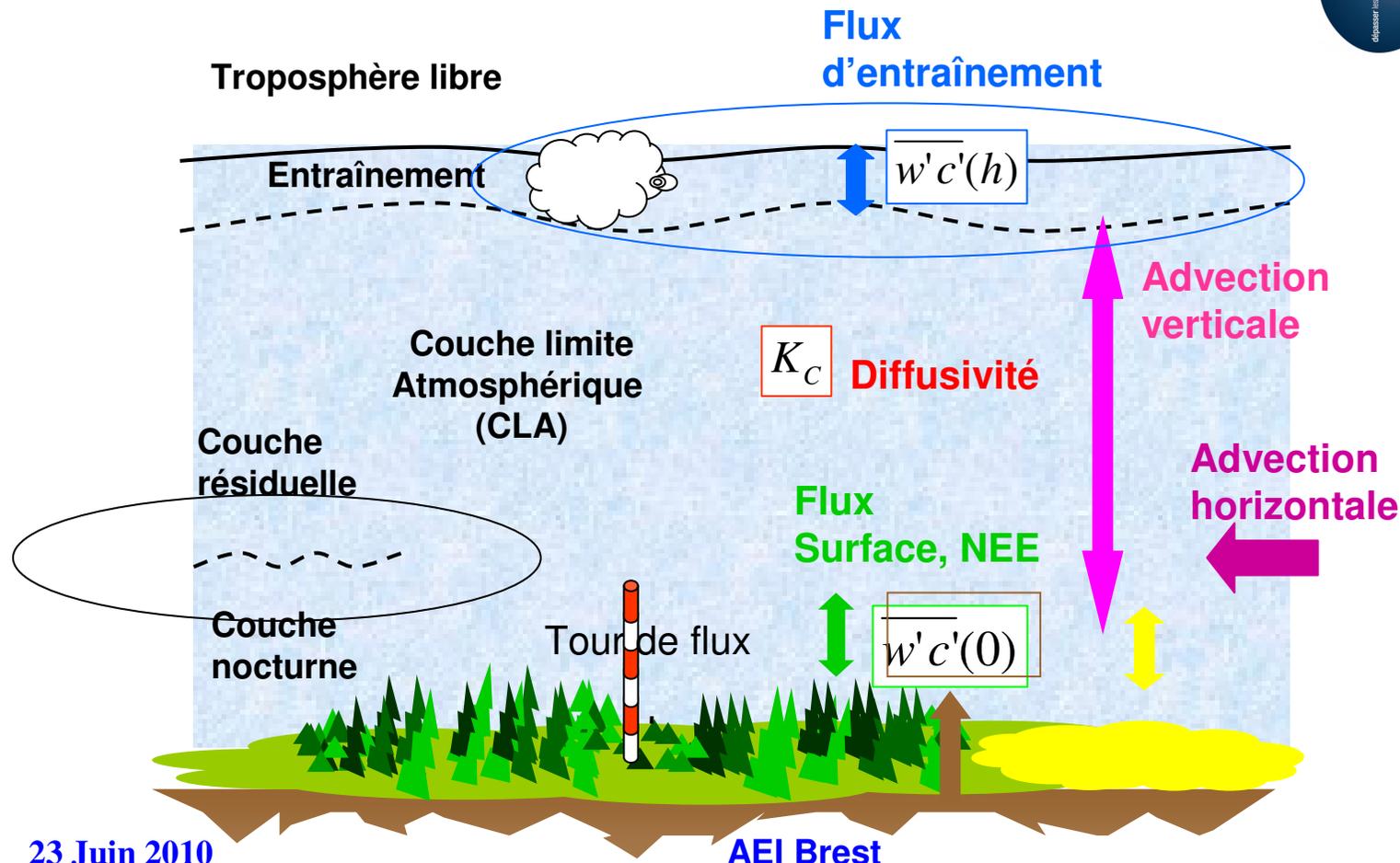


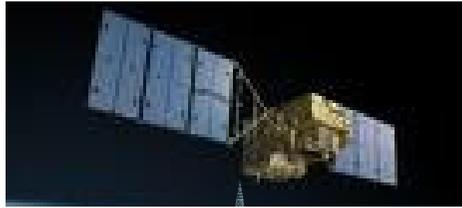
Projet "Sentinelle": fuite d'un site de séquestration,
Bilan global des échanges de CO₂ (-5000 m → 2000 m)



Mesure de flux de CO₂ par corrélation turbulente.

Echanges aux interfaces: surface – couche limite – troposphère libre
Etude de la diffusivité des scalaires dans la couche limite, recherche de nouvelles paramétrisations





COWI/s et mission spatiale



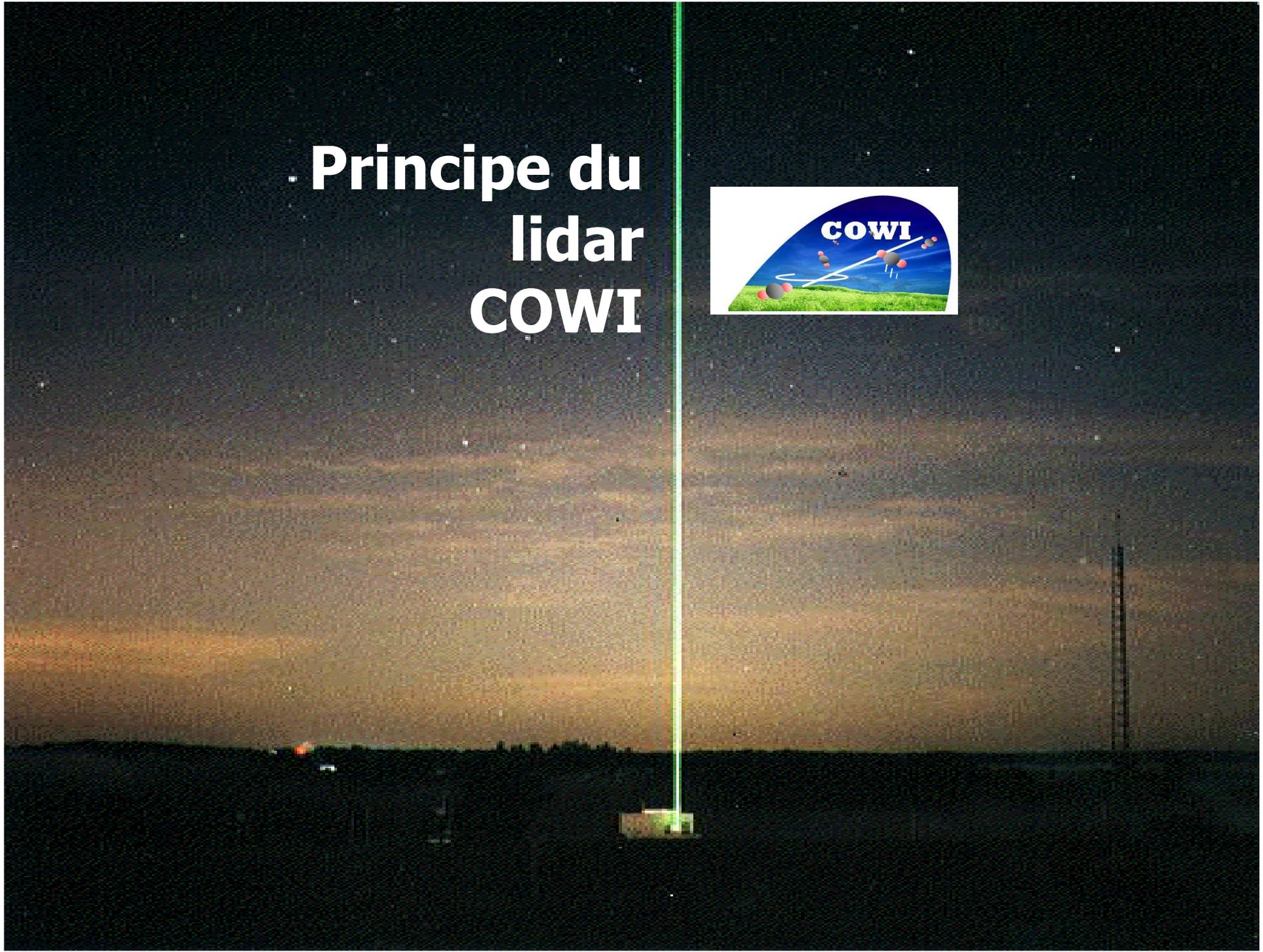
Tropo.
libre

CLA

COWI/s

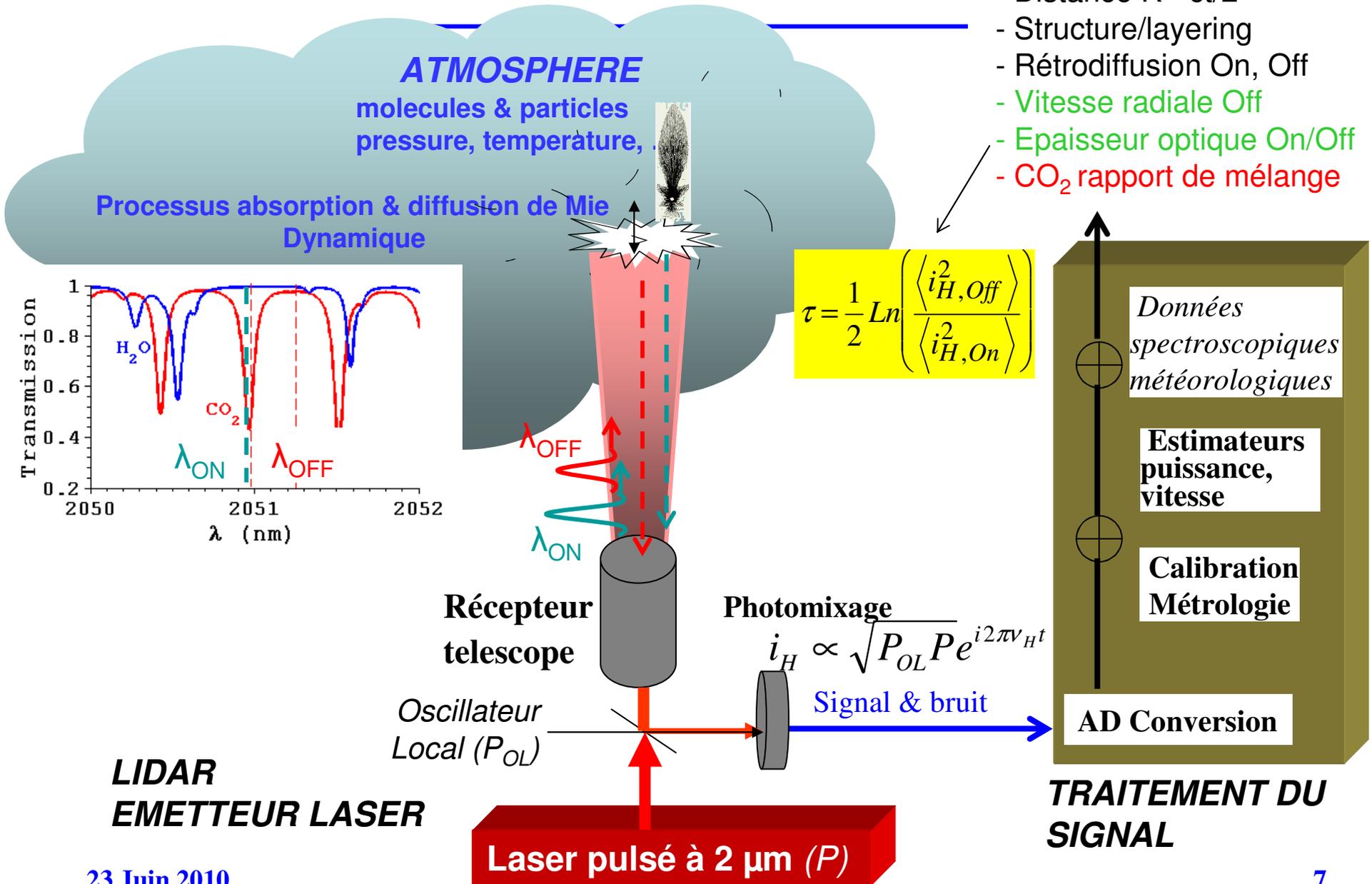
- **Tests de sous-ensembles** d'un instrument spatial:
 - spectroscopie à 2051 nm (raie R30 de CO₂)
 - détection directe
 - asservissement spectral
 - mesures intégrées sur cibles nuageuses
- **Validation de missions spatiales** en cours et futures: IASI et GOSAT (COWI/s est transportable et peut effectuer des mesures intégrées dans la tropo libre et résolues dans la couche limite)
- Contribution à la précision des modèles de transport nécessaire pour toute mission spatiale type MERLIN ou EXCALIBUR

Principe du lidar COWI



LIDAR DIAL hétérodyne

- Distance $R = ct/2$
- Structure/layering
- Rétrodiffusion On, Off
- Vitesse radiale Off
- Epaisseur optique On/Off
- CO_2 rapport de mélange



Objectifs géophysiques

→ Spécifications instrumentales (1/2)



(Gibert et al. JTECH, 2010)

- ✓ Mesures en 3 dimensions
- ✓ Mesures simultanées de la vitesse de vent et du rapport de mélange du CO₂ atmosphérique
- ✓ Résolution temporelle et spatiale élevée

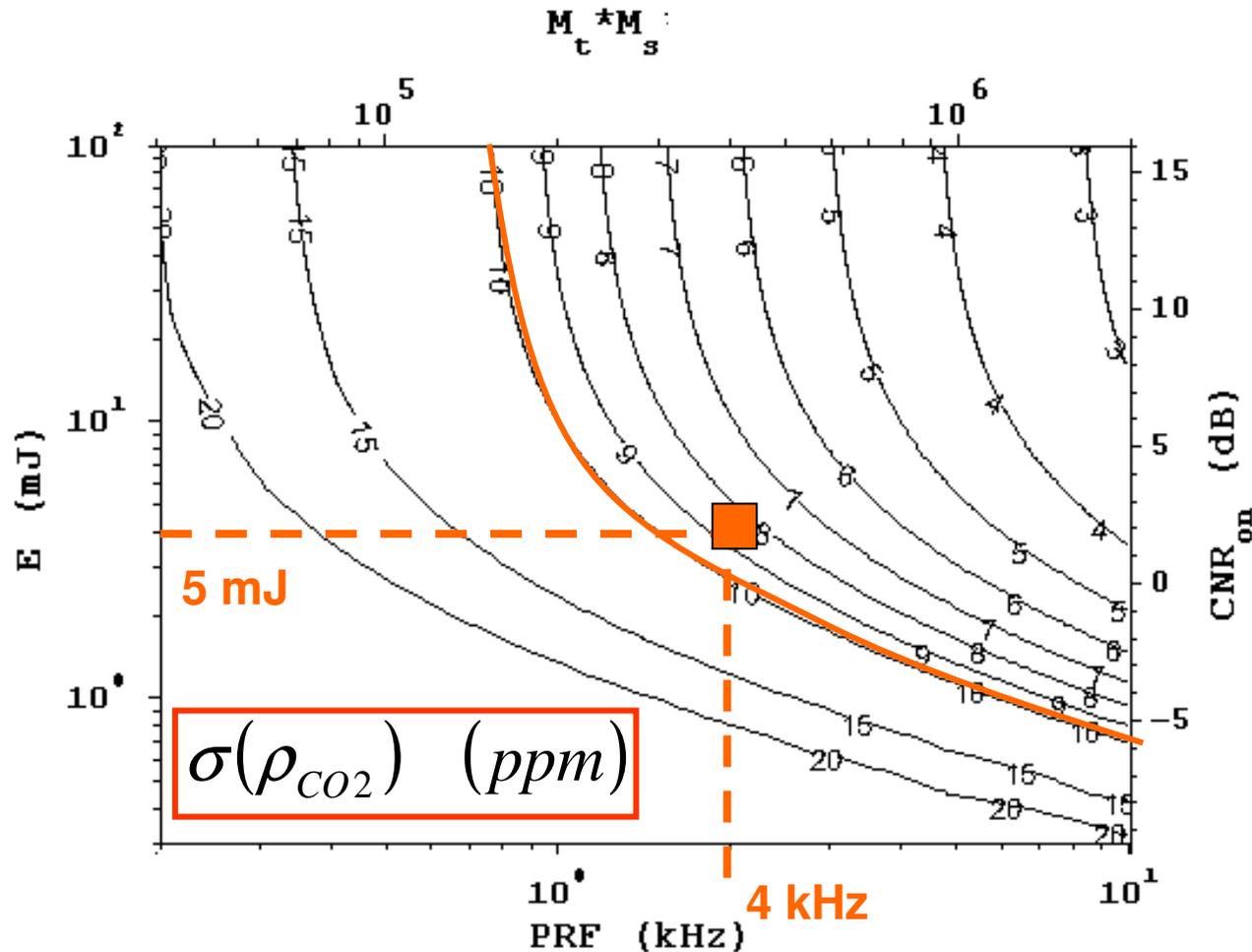
Conditions pour 50 %
d'erreur sur un profil
de flux moyen (2h-
200m)

	Monitoring	Flux
Résolution spatiale	100 m	200 m
Résolution temporelle	10 min	20 s
Précision vitesse radiale	0.5 m/s	0.5 m/s
Précision concentration CO ₂	4 ppm	10 ppm

Objectifs géophysiques

→ Spécifications instrumentales (2/2)

(Gibert et al. JTECH, 2010)



Numerical simulation:

$$\beta = 10^{-6} \text{ m}^{-1}\text{sr}^{-1}$$

$$D_{tel} = 0.1$$

$\gamma = 0.1$ heterodyne efficiency

Transmission in / out = 0.5

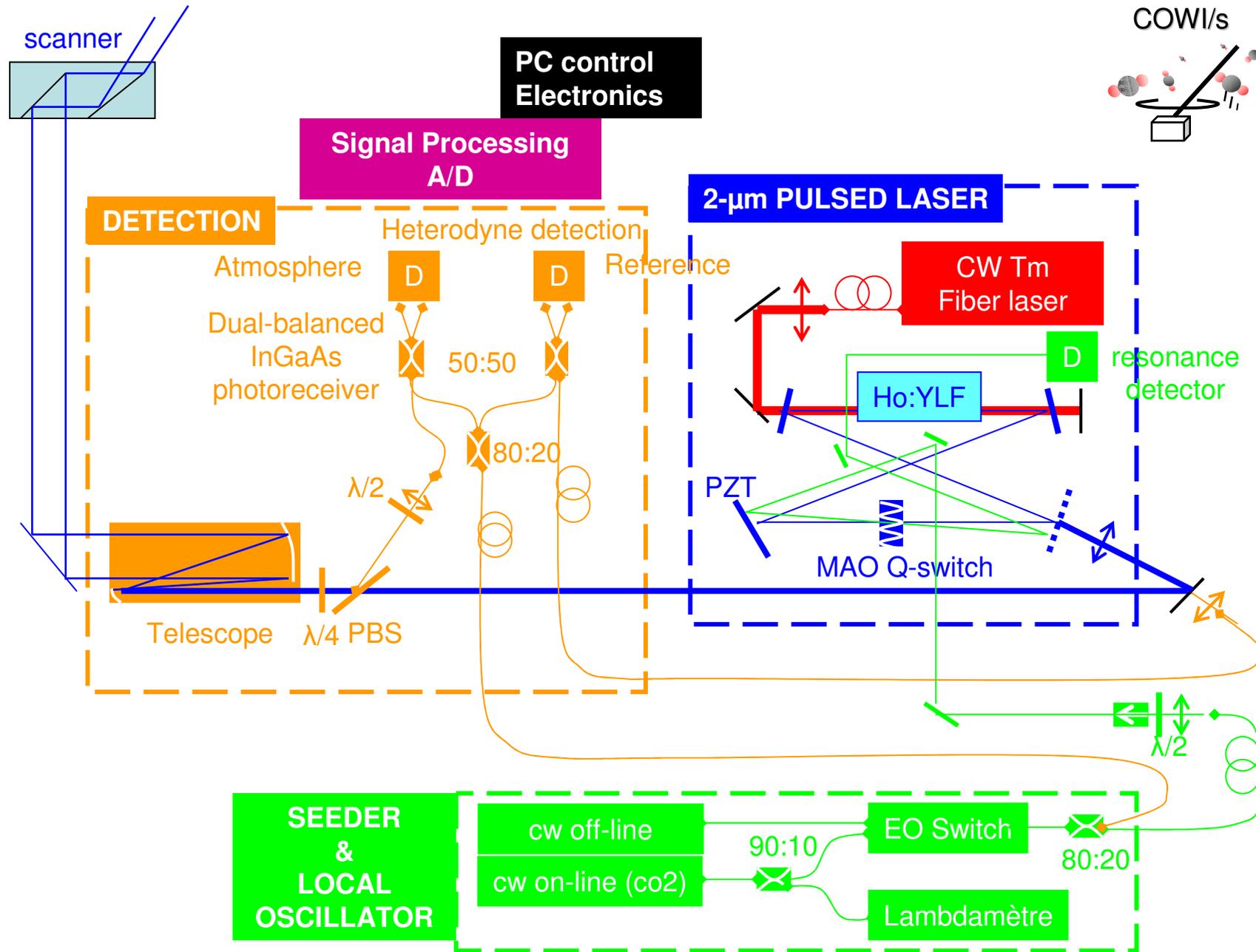
ΔR : range gate = 200 m

M_t: Nb temporal speckles ~10 ($\Delta t = 100\text{ns}$)

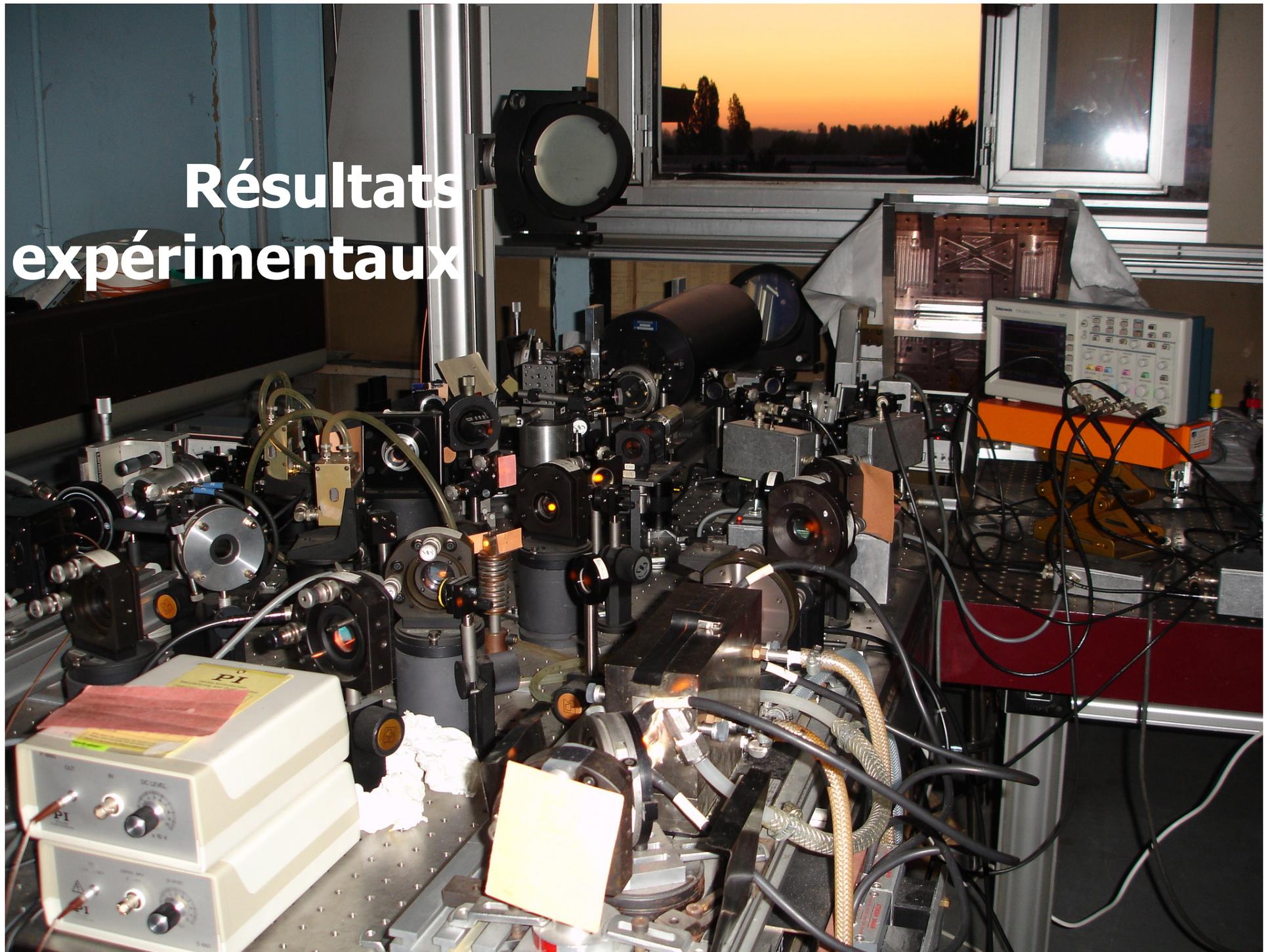
M_s: Nb shots

Temporal resolution: 10s

COWI: schema instrumental

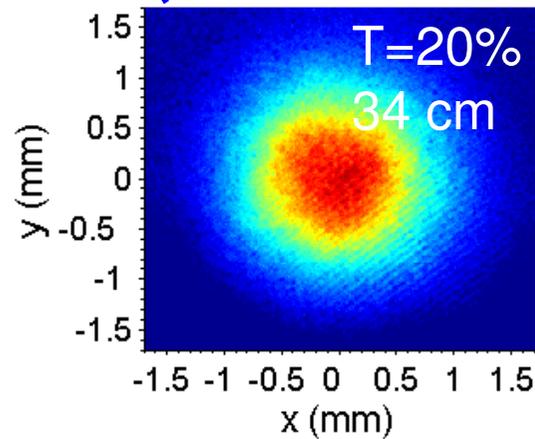
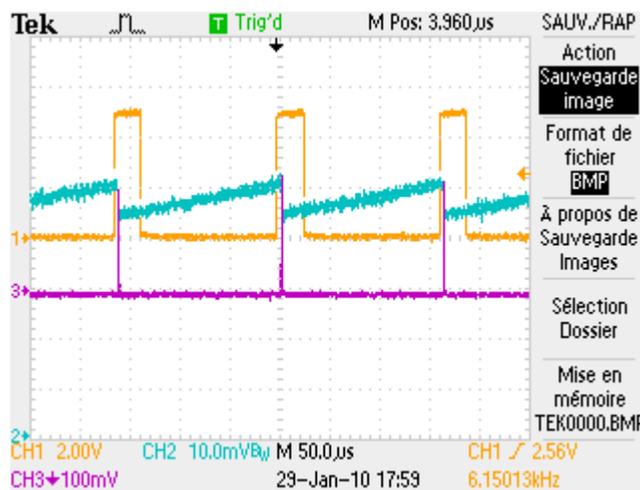
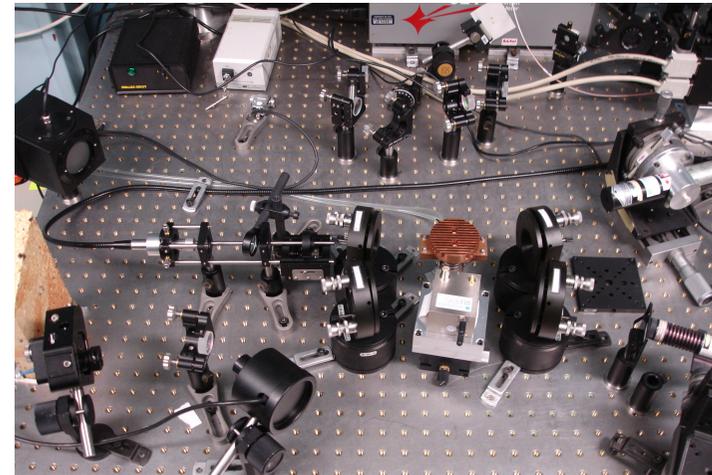
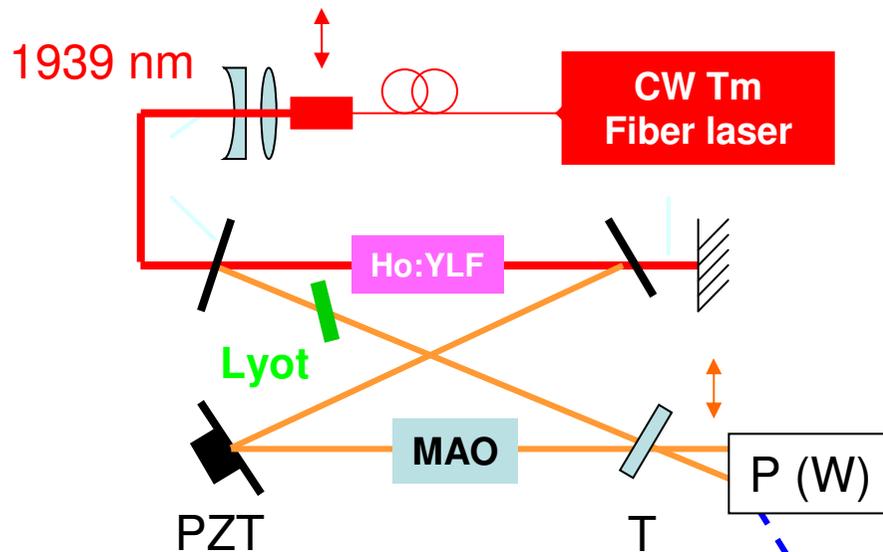


Résultats expérimentaux



Cavité laser de puissance (1/2)

Régime pulsé déclenché



TEM 00

Longueur d'onde 2050 nm

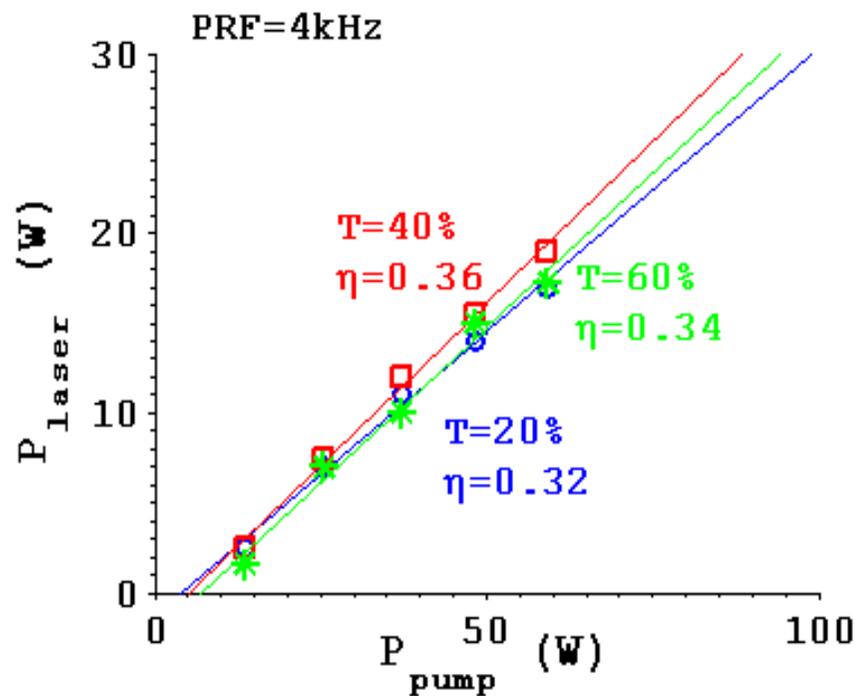
Polarisation linéaire

Cavité laser de puissance (2/2)

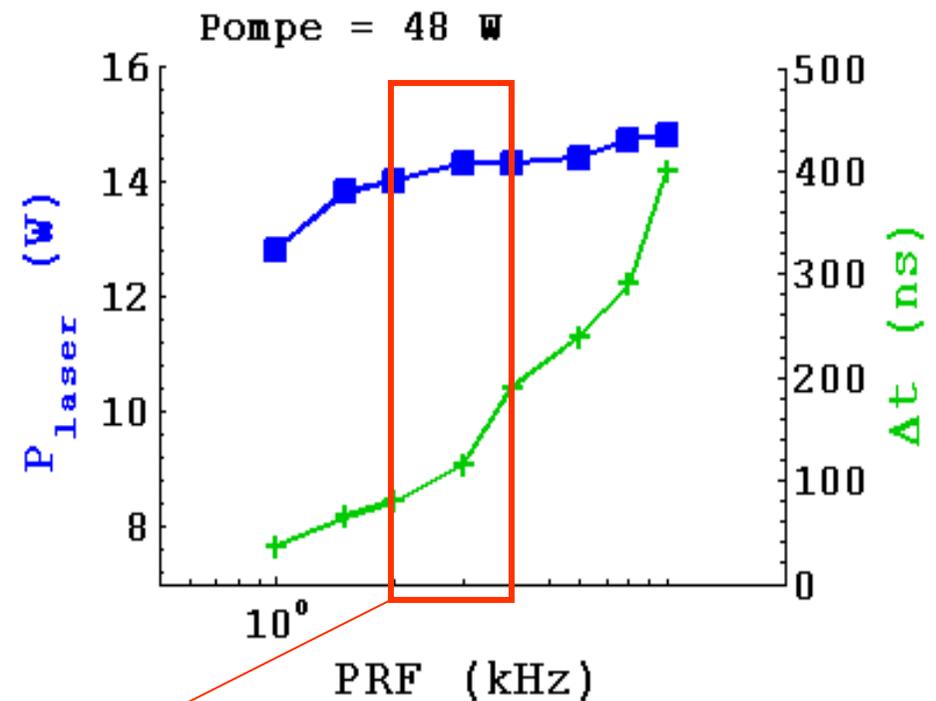
Optimisation pour une détection hétérodyne

1 - Optimisation de l'efficacité:
Énergie/ impulsion

$$CNR = \frac{P}{P_{bruit}} > 1$$

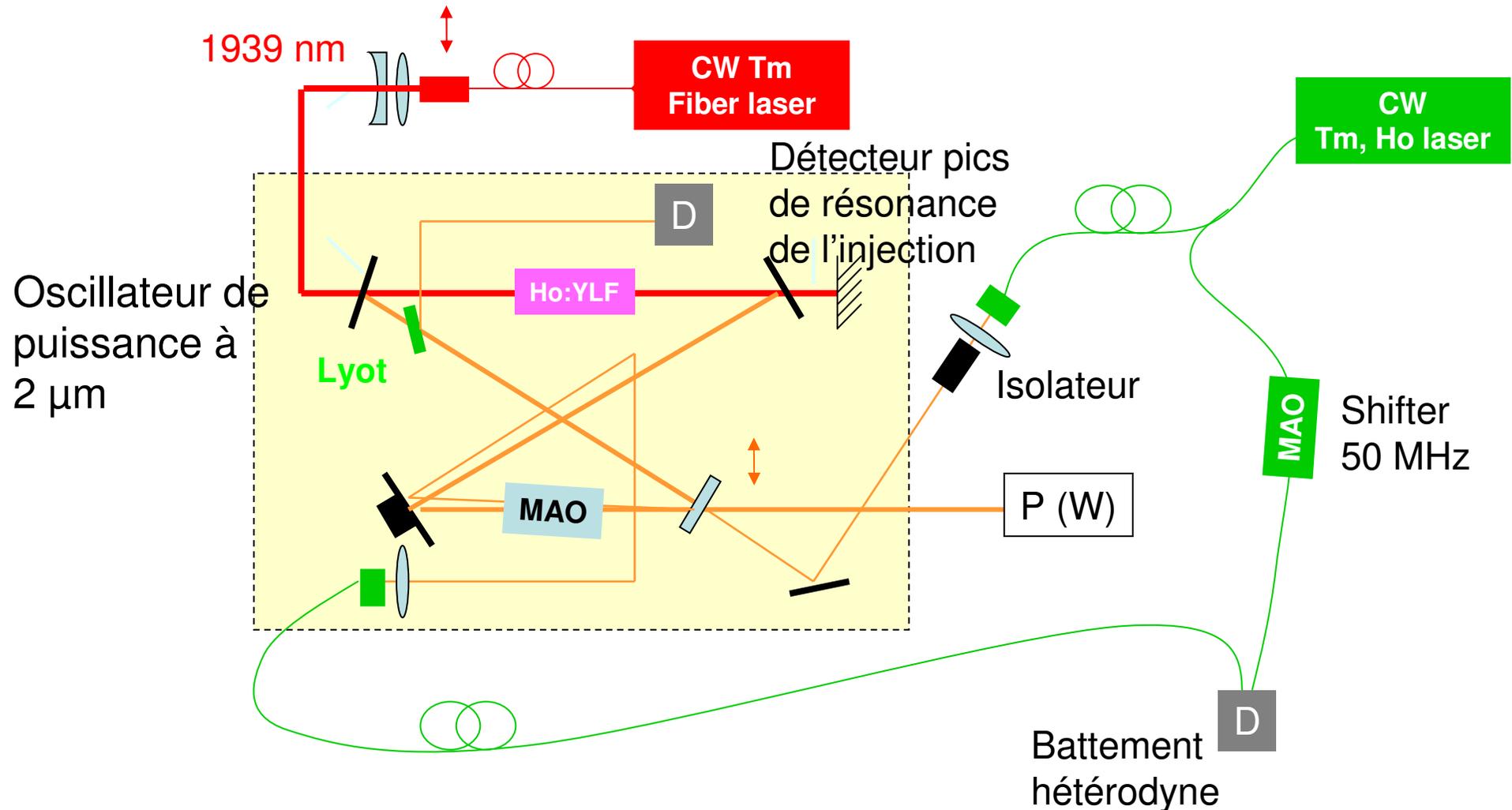


2 - Optimisation du
nombre d'échantillons
indépendants



$$\sigma(\rho_{CO_2}) \propto \sqrt{\Delta t / PRF}$$

Injection, méthode « ramp & fire » (1/3)



Injection, méthode « ramp & fire » (2/3)

2 kHz – 1 mJ – 130 ns

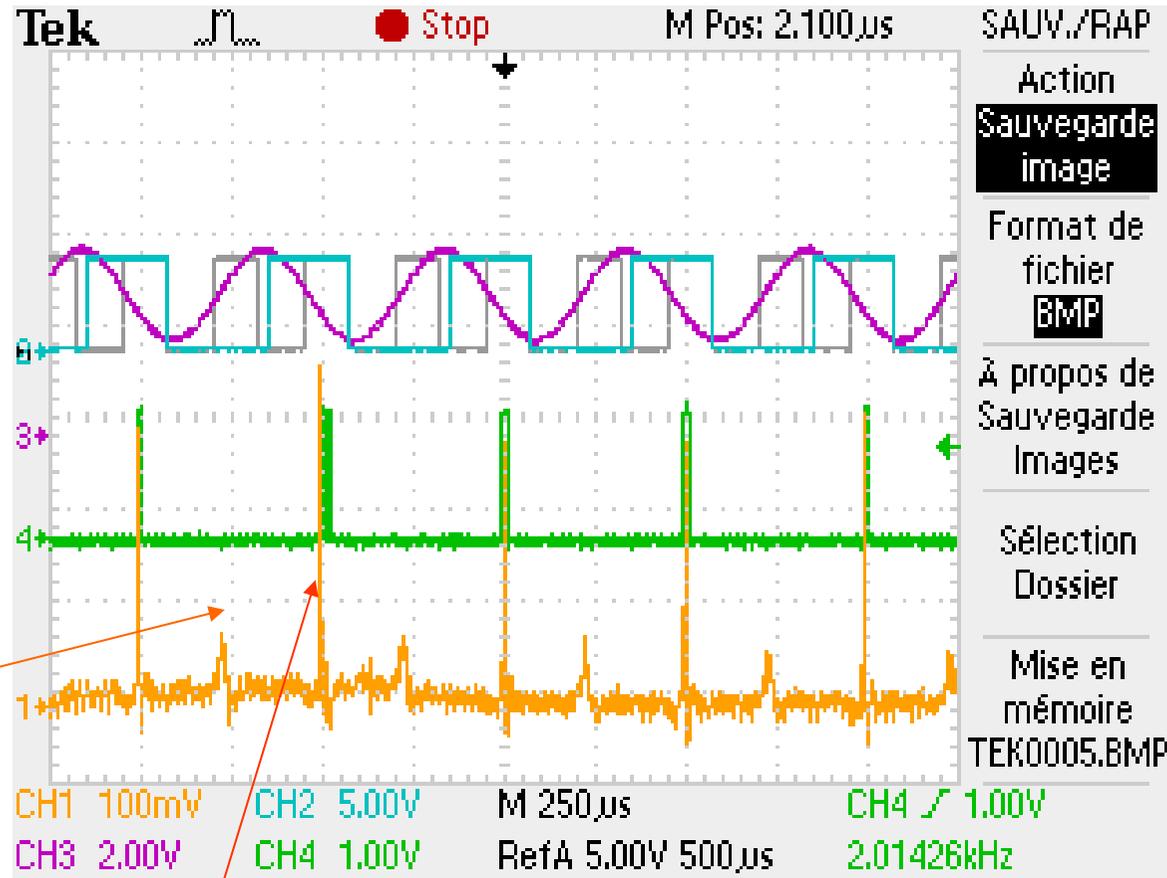
Porte
= 1 ISL

PZT

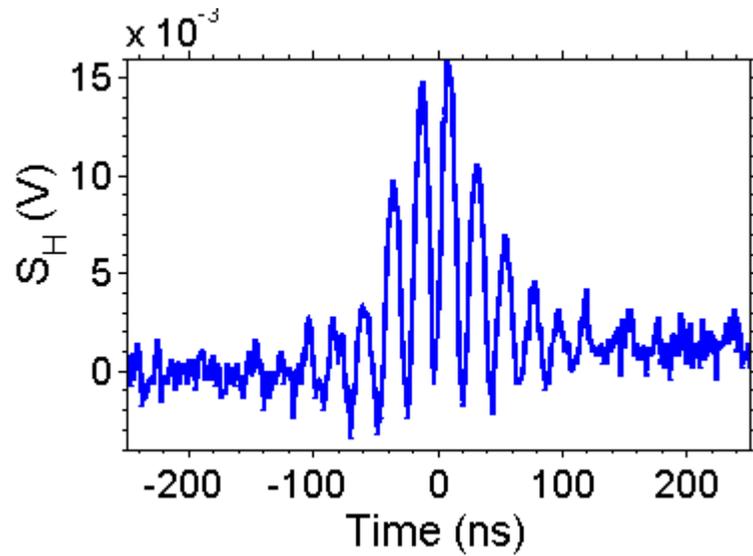
Porte
Q-switch

Pics de
résonance
de l'injection

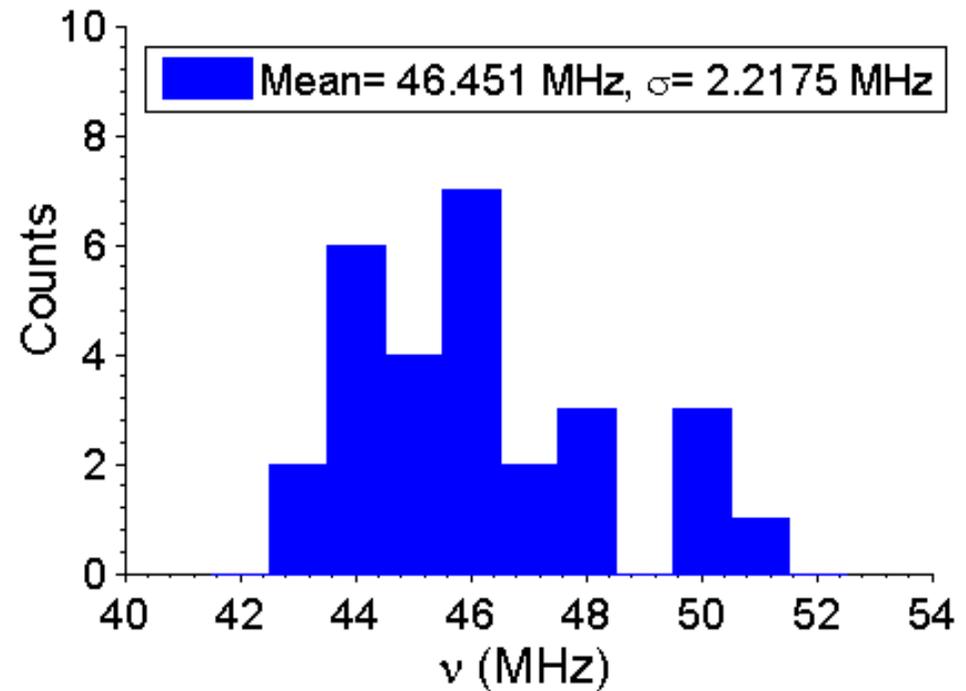
Impulsion/laser
déclenchée sur
l'injection



Injection, méthode « ramp & fire » (3/3)

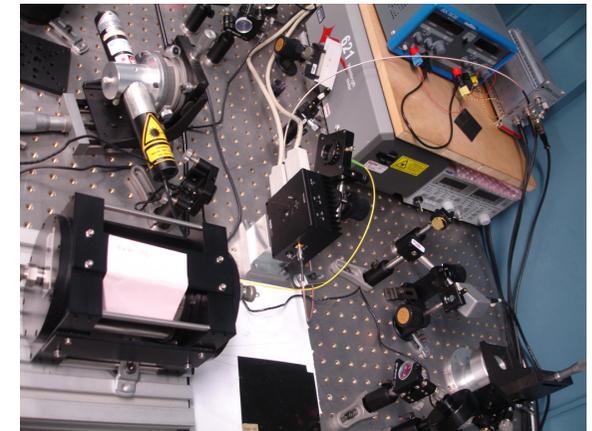
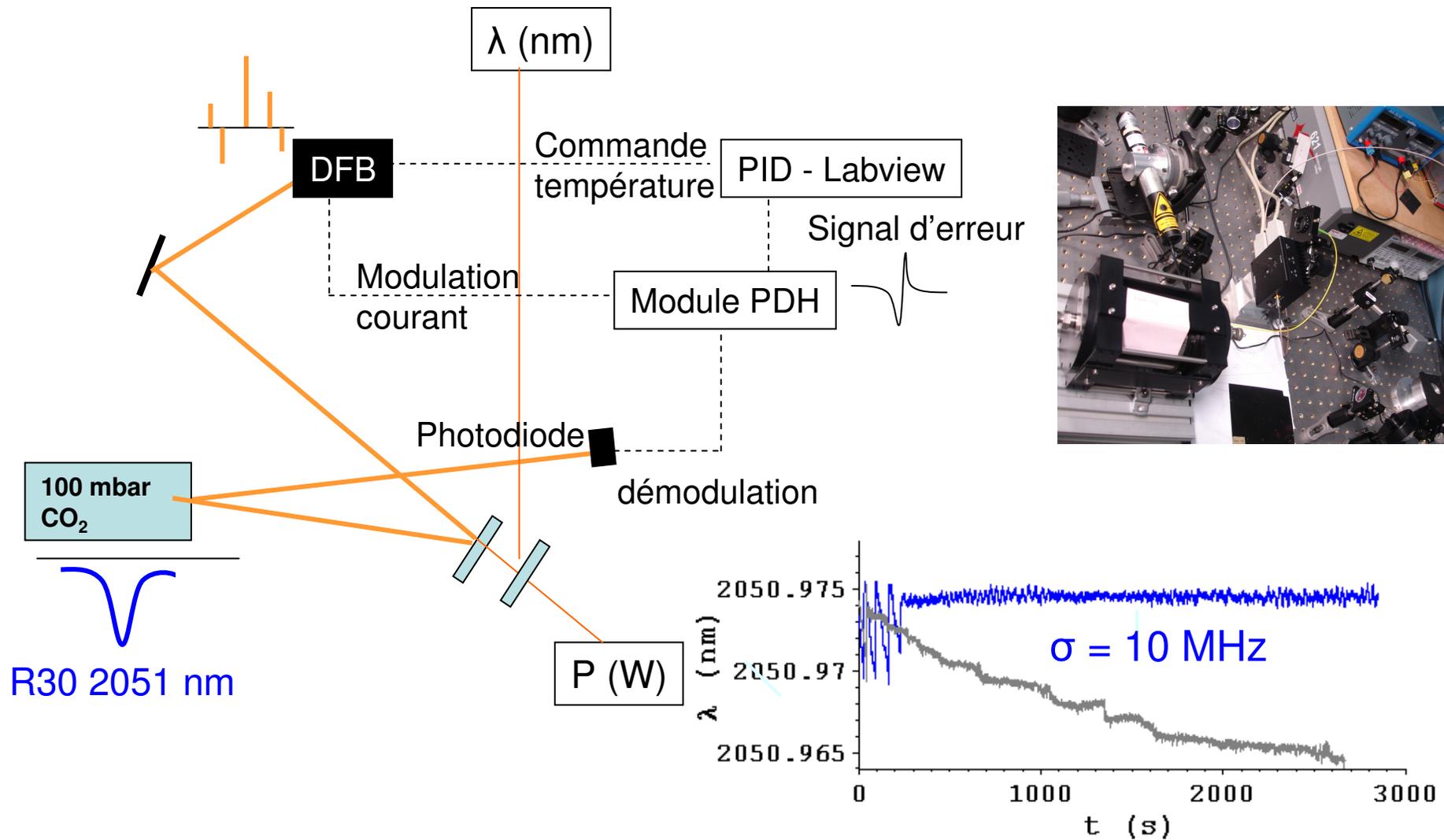


1 m/s $\rightarrow \Delta\nu \sim 1$ MHz



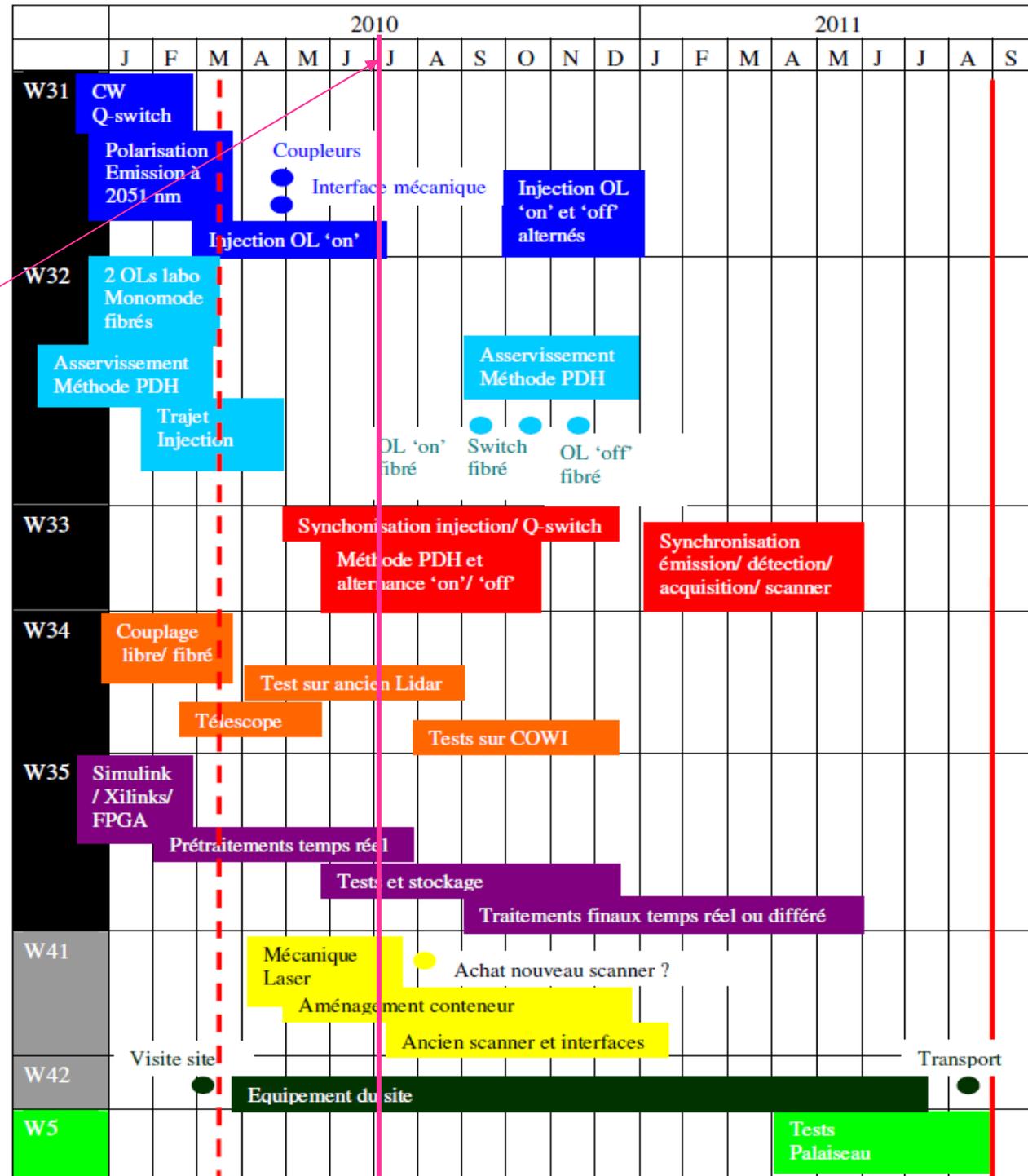
Oscillateur local / Injection

Méthode Pound-Drever-Hall/ positionnement spectral



Calendrier

Juin 2010



23 Juin 2010

Campagnes de terrain – sept 2011



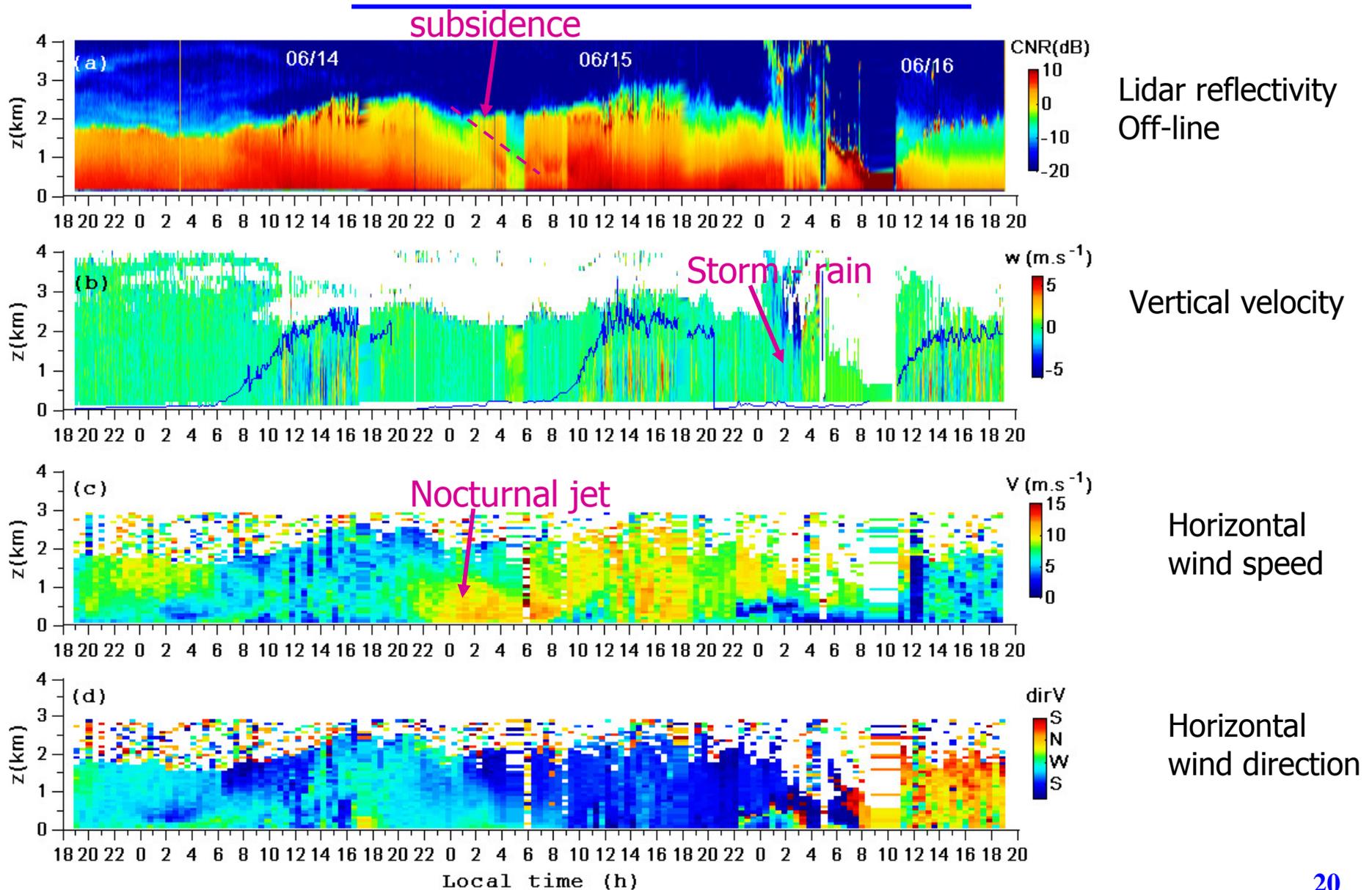
Site émitif, Lacq, Pau



Site de séquestration géologique de CO₂, Rousse, Pau

EXAMPLES

Field experiment in Park Falls, Wisconsin, 8-25 June 2007



Le projet COWI: calendrier, ressources humaines et financières

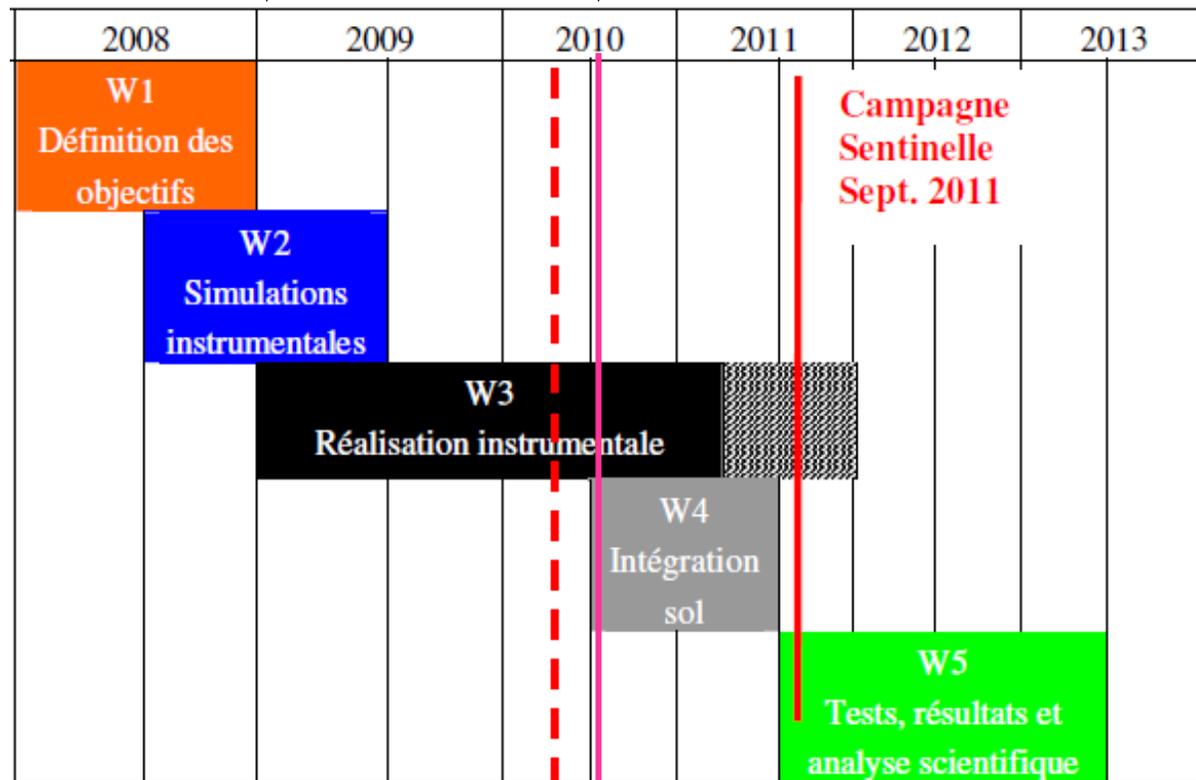
2 permanents
F. Gibert (CR2)
D. Edouart (IR2)

Financements
INSU
ANR
CNES

Réception
équipement

Electronicienne
Claire Cénac (IR2)

Budget total:
450 k€



2 CDDs financés par le CNES

Interfaces – continuité d'échelle verticale

$$\int_0^h \frac{1}{V_m} \left[\frac{\partial c}{\partial t} \right] dz = \boxed{\overline{w'c'(0)}} - \boxed{\overline{w'c'(h)}} + \int_0^h \frac{1}{V_m} w(z) \left[\frac{\partial c}{\partial z} \right] dz + \int_0^h \frac{1}{V_m} \left[u(z) \frac{\partial c}{\partial x} + v(z) \frac{\partial c}{\partial y} \right] dz$$

M
A

