

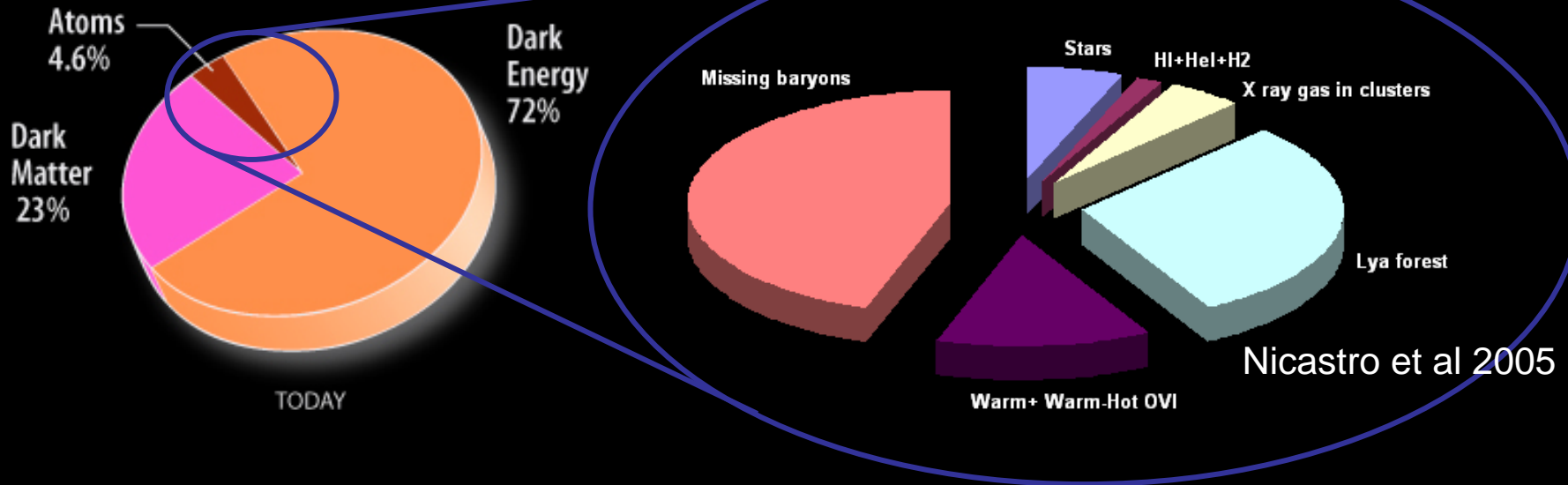
# ISTOS : MIG et Évolution conjointe

MIG  $\leftrightarrow$  galaxies

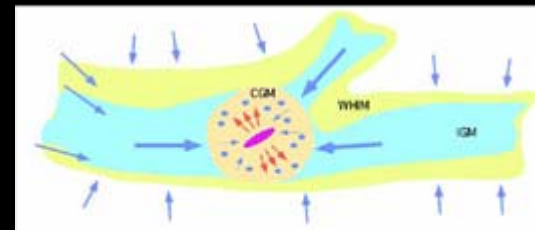
*Proposition NASA SMEX 2008, PI C.Martin, Caltech*

Bruno Milliard (LAM) pour la collaboration ISTOS

# Bilan des baryons après WMAP

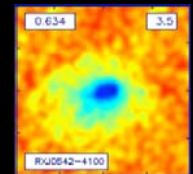


# Le MIG : forme et connecte les galaxies

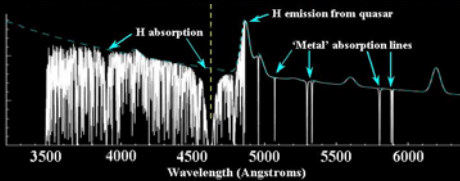
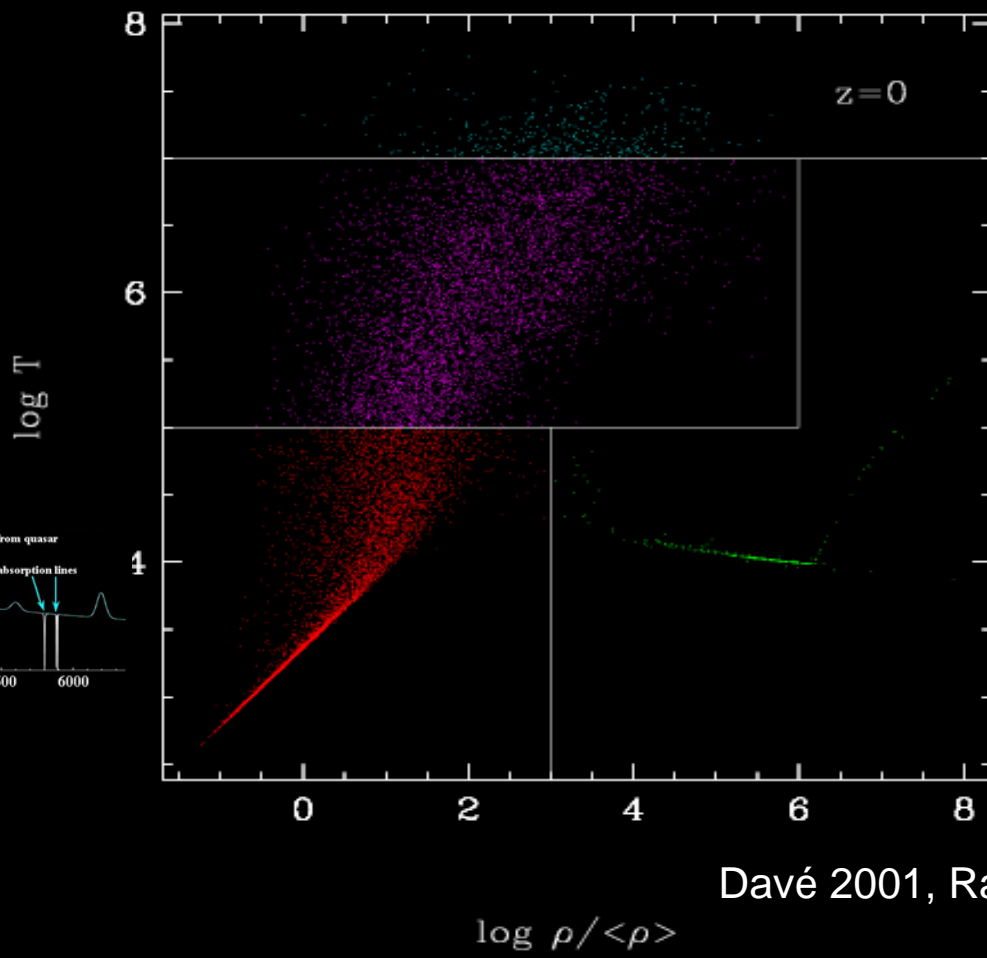
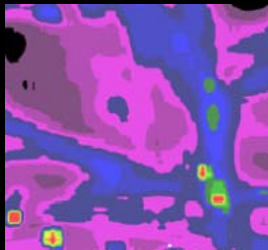


Property	Component			
	Cosmic Web	Web/Halos	Dark Halos	Galaxies
Baryon & structure tracer	IGM fuel	WHIM baryons metals	CGM infall winds metals	XUV disk gal winds, SF
$\delta$	1-100	1-100	$10^2-10^5$	$>10^6$
Size [Mpc]	0.3-30	1-30	0.1-0.3	0.03-0.1
T[K]	$10^4-10^5$	$10^5-10^7$	$10^4-10^6$	
QSO absorption	L $\alpha$ forest	OVI, broad L $\alpha$	Ly limit Metal lines	Damped L $\alpha$
Emission	Photon pumping (PP)	Collisional excitation (CE), PP	CE, PP, L $\alpha$ fluorescence	UV cont CE from feed-back
Intensity [LU]	1-100	1-100	$10^2-10^4$	
ISTOS Objective	[O1]	[O1]	[O2]	[O3]

CGM



WHIM



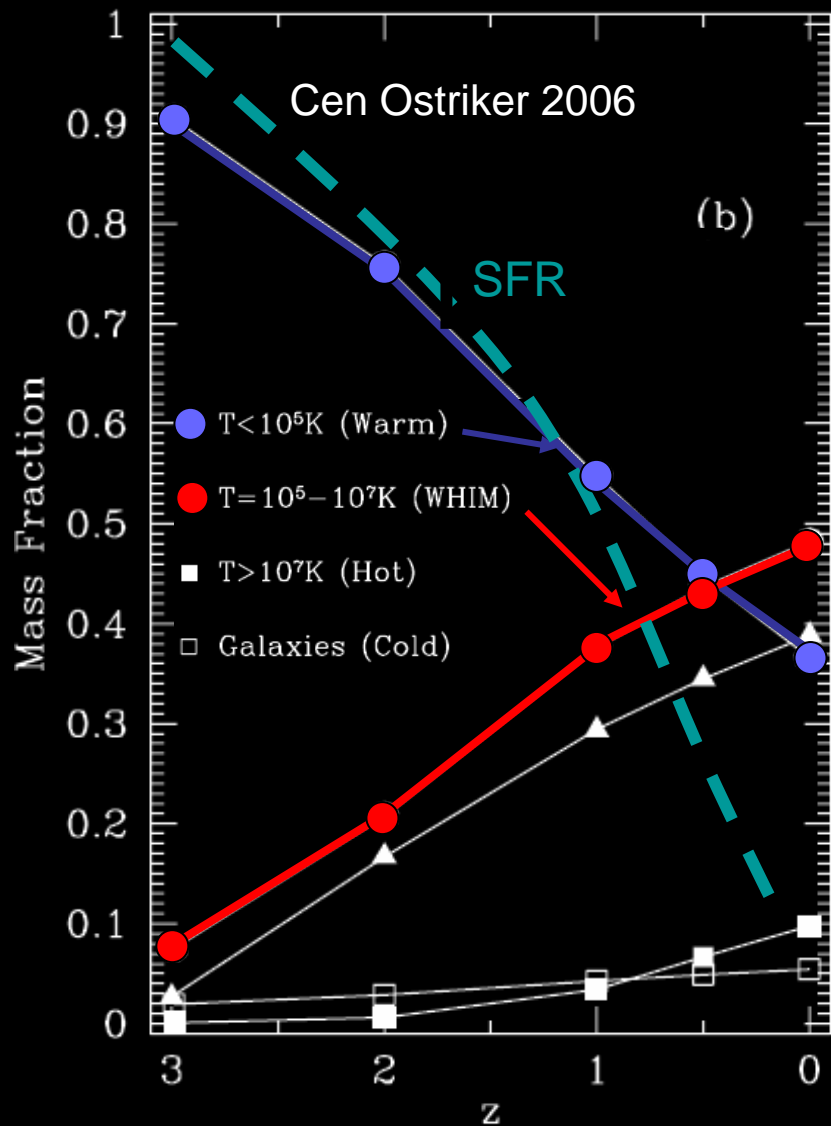
Cosmic web



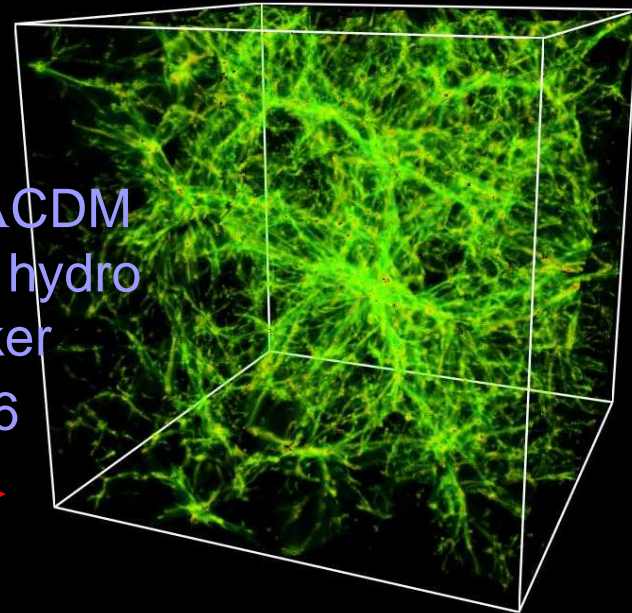
galaxies

Davé 2001, Rasera & Teyssier 2006

# Modèles : évolution du MIG, émergence du WHIM



50Mpc/h  $\Lambda$ CDM  
simulation hydro  
Cen Ostriker  
1999, 2006



Chauffage par chocs lors de la formation des structures, vents (super) galactiques

Émission produite par l'énergie libérée lors de l'effondrement gravitationnel jamais observée

# Échanges bidirectionnels IGM-galaxies → évolution conjointe



Enjeux beaucoup plus larges qu'un problème de bilan:

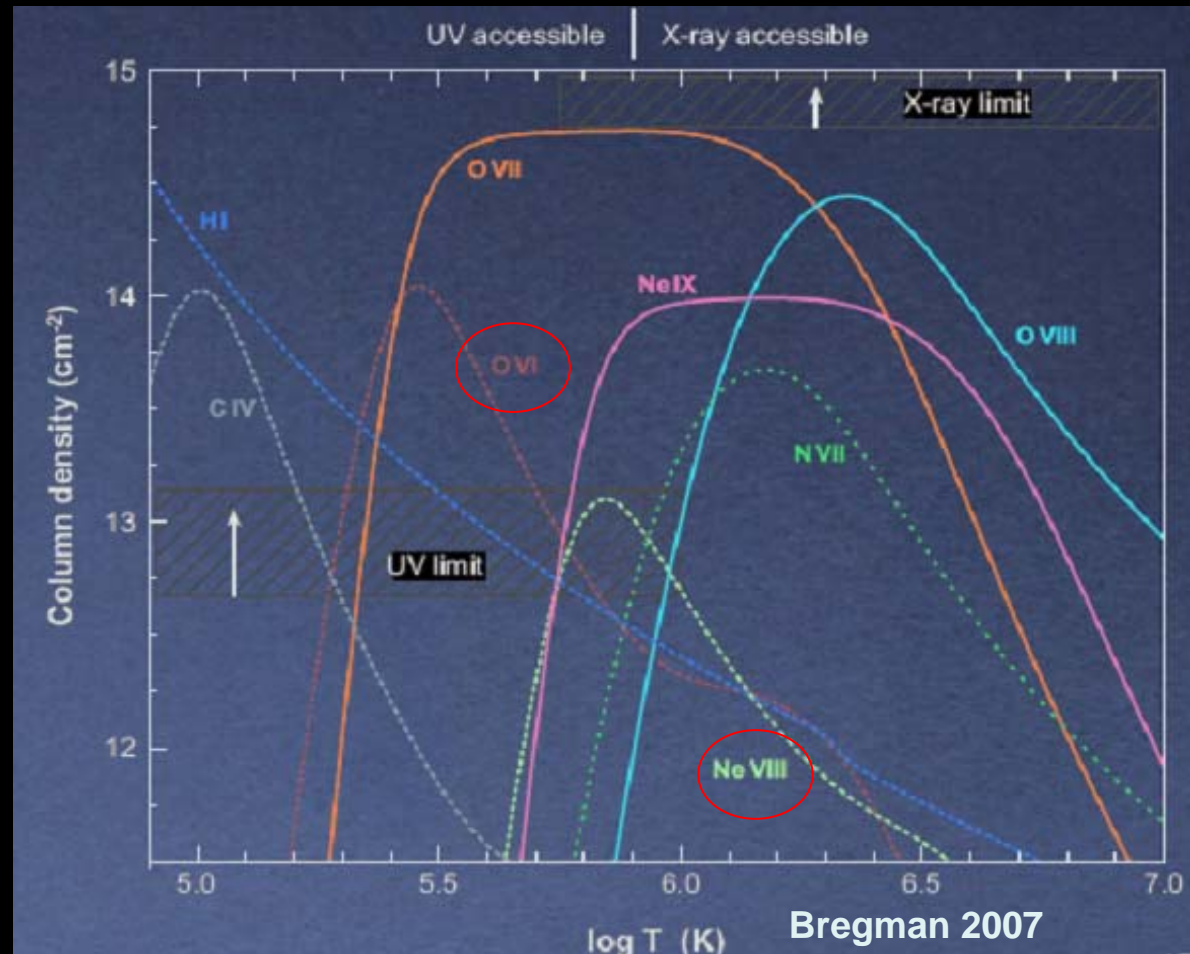
- efficacité de la formation des galaxies (alimentation en gaz, eg Khochfar Ostriker 07)
  - interface galaxies/milieu intergalactique (CGM)
  - feedback énergie mécanique (vents galactiques) et rayonnement ionisant
  - dispersion des éléments lourds
- nouvelle frontière : complémentarité avec évolution du taux cosmique de formation stellaire et phénomène de re-ionisation

# Traceurs du gaz chaud

Eléments état  
d'ionisation  
élevés:

OVI 103.2, 103.8  
nm dans l'UV

OVII 2.160 nm,  
OVIII 1.900 en  
rayons X



# Mesures du gaz chaud en absorption

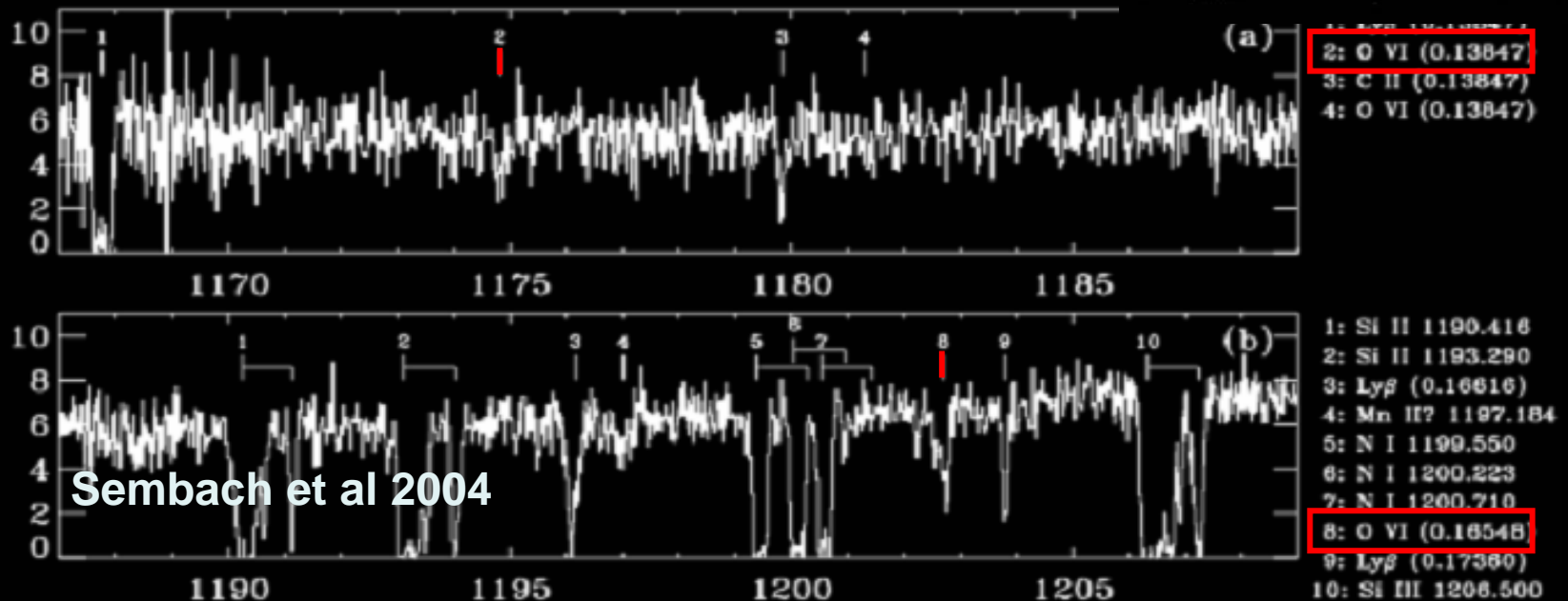
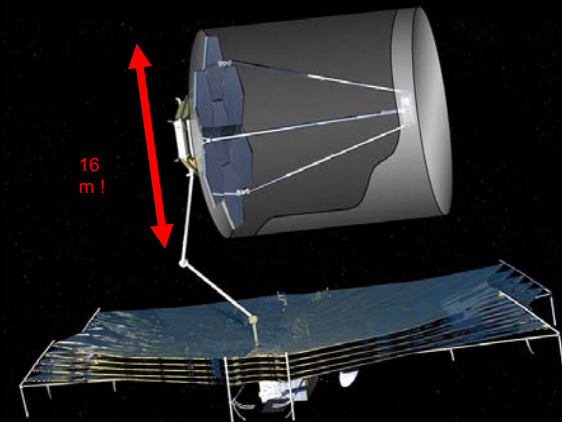
- Absorption sur la ligne de visée de QSOs : ici PG 1116+215
- FUSE, STIS, COS, [SUVO, ATLAS]
- Difficultés :

Conversion des mesures en densité de masse

Séparation chocs / photoionisation

Besoin de grands collecteurs spatiaux pour S/N

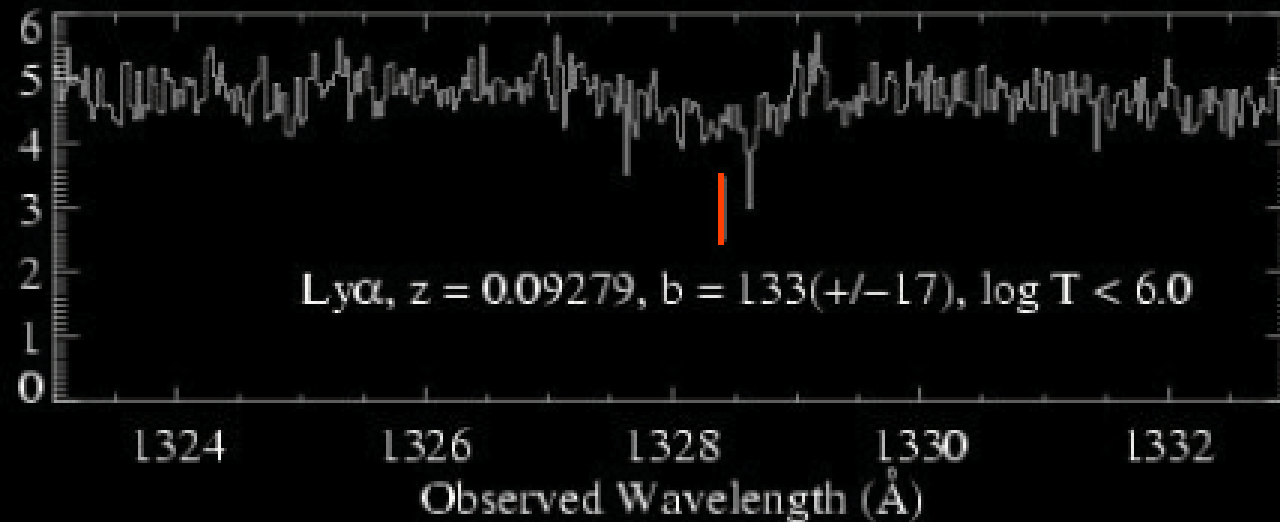
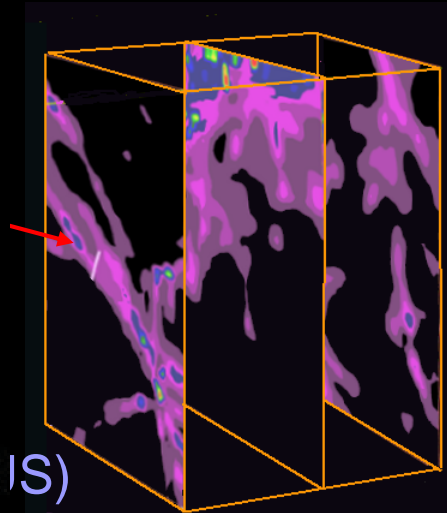
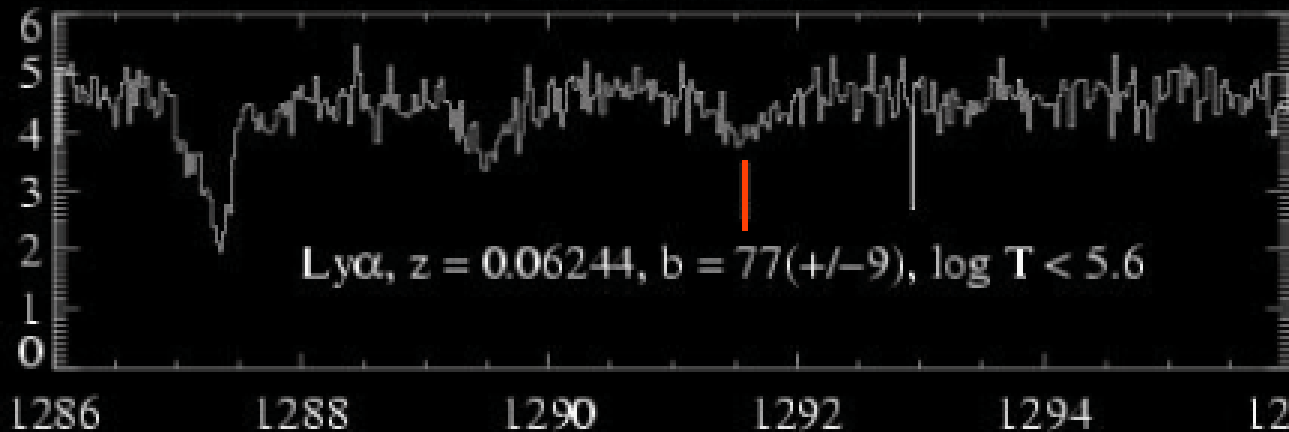
Mesures limitées aux lignes de visée des QSO



Sembach et al 2004

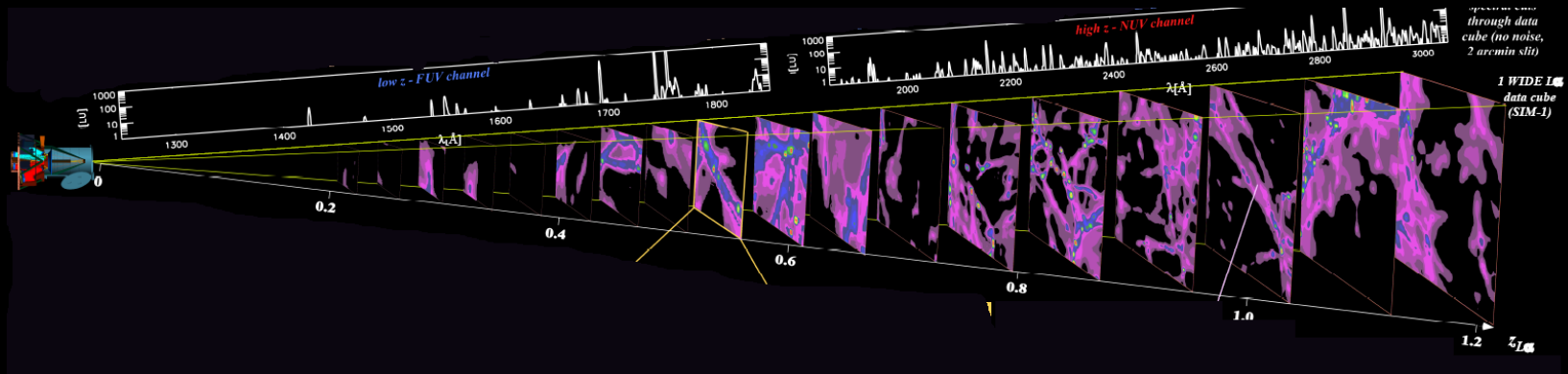
# Mesures du gaz chaud en émission

PG1116+215





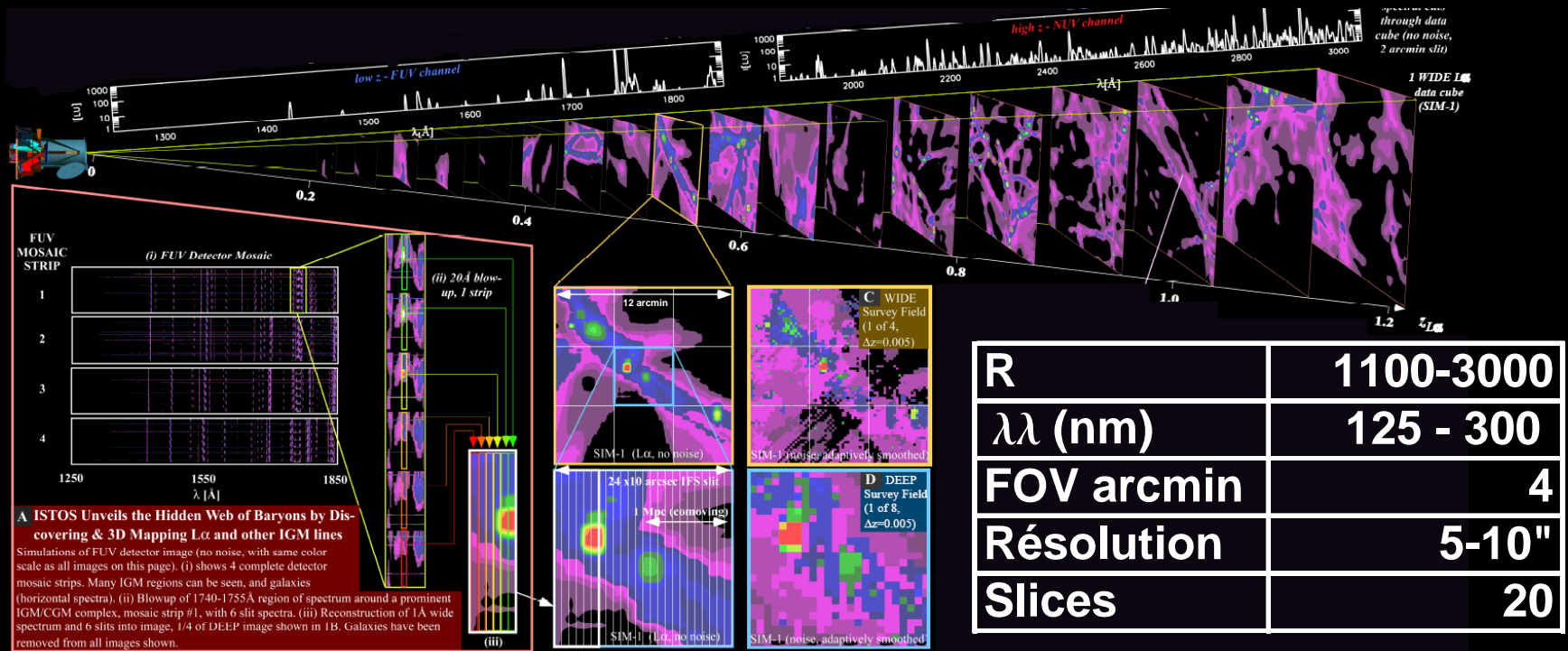
# Mesures du gaz chaud en émission : ISTOS un nouvel outil d'exploration



Optimisé pour trois grands objectifs :

1. Découvrir et cartographier l'émission des baryons cachés de l'univers
2. Découvrir et cartographier l'émission du milieu circumgalactique, pour explorer la co-évolution MIG – galaxies
3. Décoder les lois de formation stellaire à faible redshift

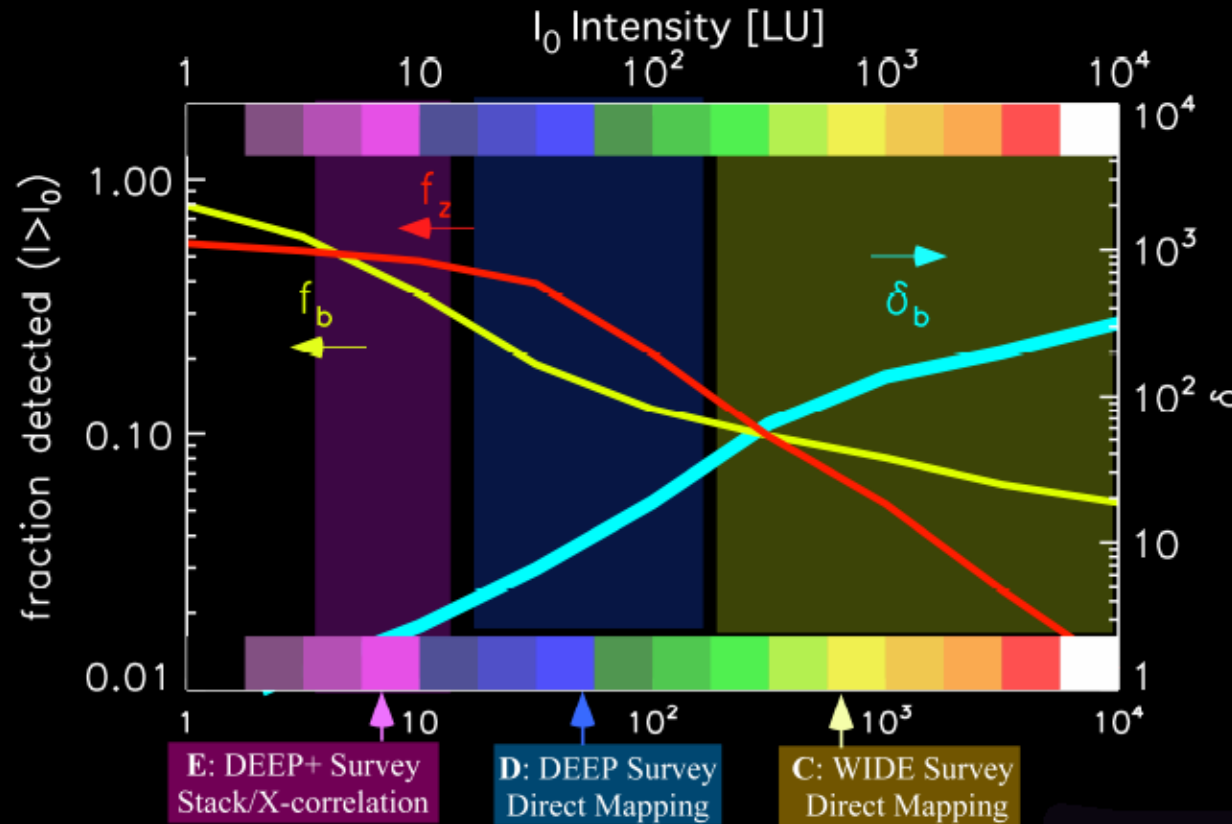
# Mesures du gaz chaud en émission : ISTOS un nouvel outil d'exploration



- Cartographie en spectro-imagerie UV de l'émission MIG, MCG, Galaxies
- Surveys Wide (600' carr., 1200 LU), DEEP (130' carr., 20-200 LU)
- Surveys QSOCAL (COS+ISTOS), CQM, GALAXY, GIP(LSB), CALIB
- Complémentaire et 1000 fois plus sensible que COS
- Mesure simultanée de OVI 103nm, Ly $\alpha$ , CIV 155nm 0.2 < z < 1
- Distribution spatiale, paramètres physiques et cinématiques
- Mécanismes de régulation de la FS à grande échelle observés en action

# Modélisation spécifique : prédictions d'observations ISTOS

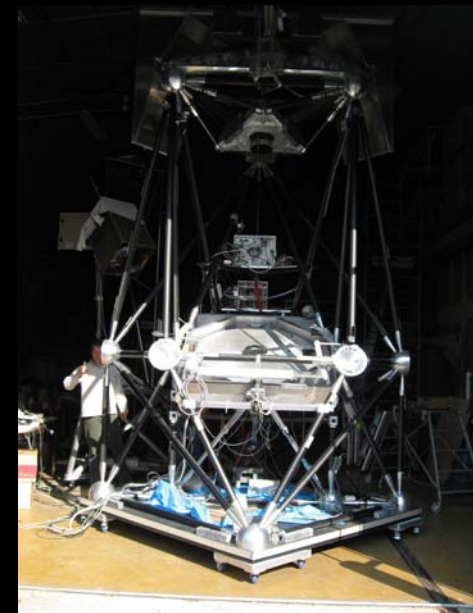
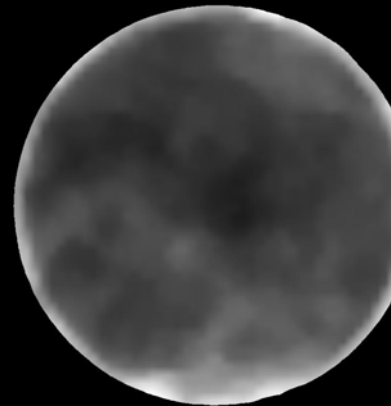
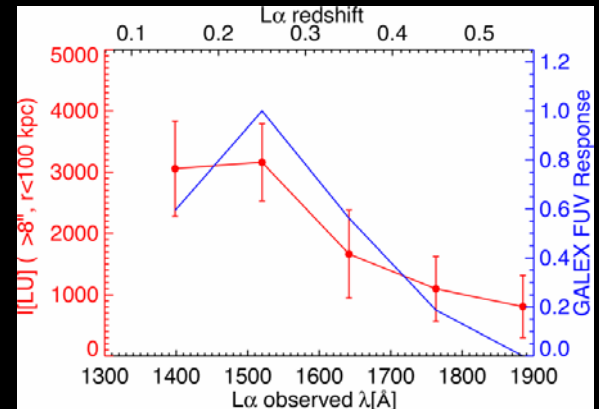
- 3 modèles par 3 Co-Is, méthodes différentes
- validé en absorption
- gamme de paramètres : équilibre d'ionisation, vents galactiques, métaux, rayonnement de fond
- marge  $\times 10$  pour détecter 10% du contenu baryonique (50 LU vs 500 LU)
- flexibilité du survey
- efficacité détecteur actuelle



# Préparation à partir de GALEX et FIREBALL

## GALEX

- Tentative de détection des halos de galaxies par stacking
- validation des avants plans :  
étude du fond UV
- recherche des zones les plus brillantes :  
émission UV sans  
contrepartie galaxies

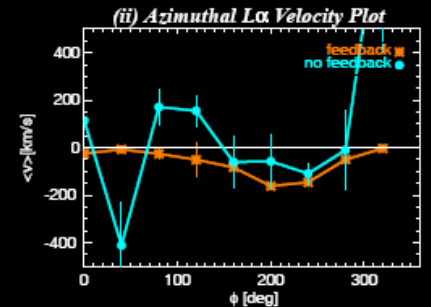
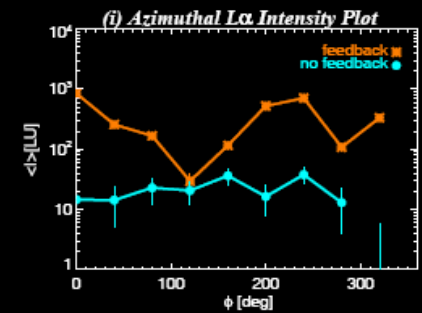


## FIREBALL

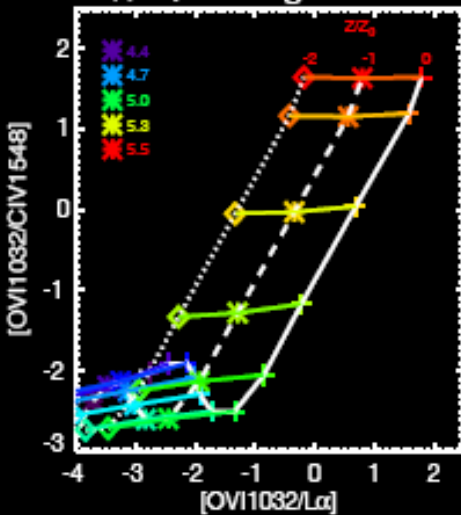
Programme éclairer en ballon

# FO-2 ISTOS Method

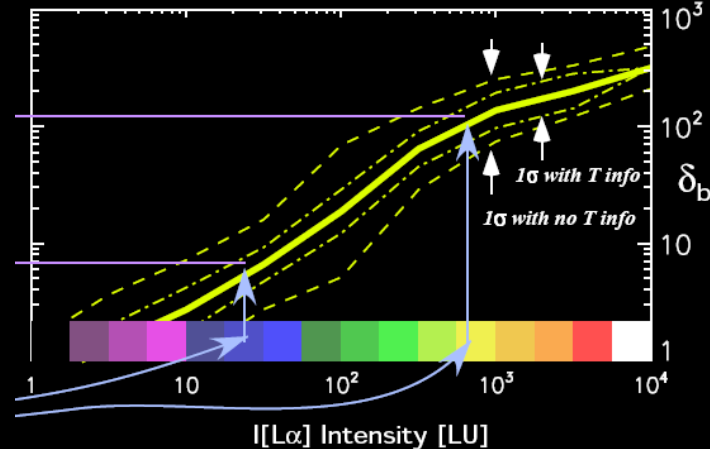
- A** Determine *excitation* using galaxy spectra
- B** Test for *feedback* with radial, azimuthal profile
- C** Derive *metallicity & temperature* from line ratios
- D** Derive *density* from intensity
- E** Place voxel on *Cosmic Phase Diagram*  $\phi(\delta, T)$



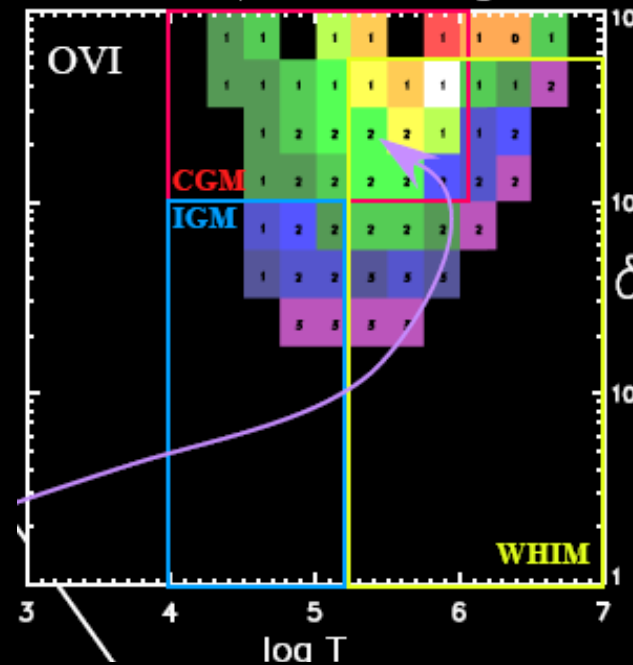
## (i) T, Z Diagnostics



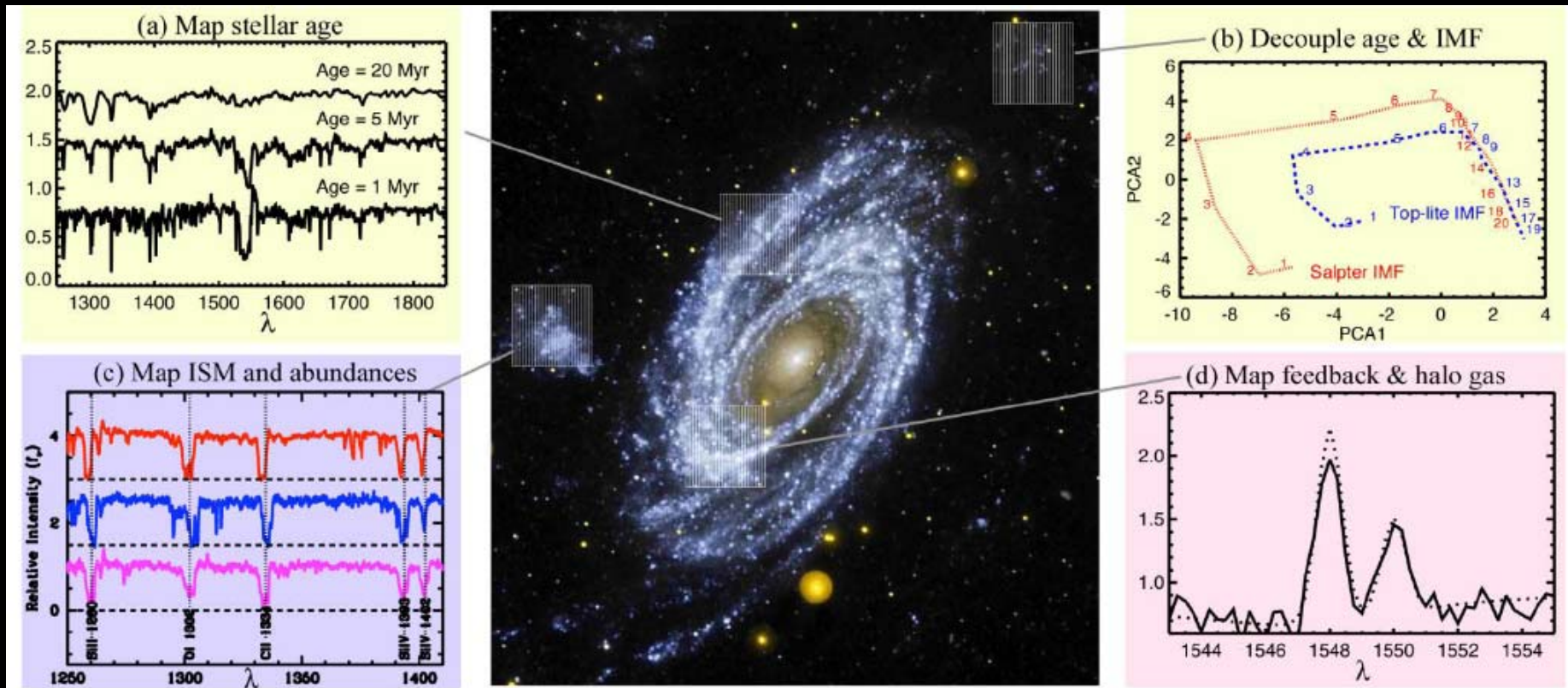
## (i) Average $\delta$ vs. $I[L\alpha]$ and $1\sigma$ deviations w/o & w/ T information



## (ii) OVI $\phi(\delta, T)$ Phase Diagram

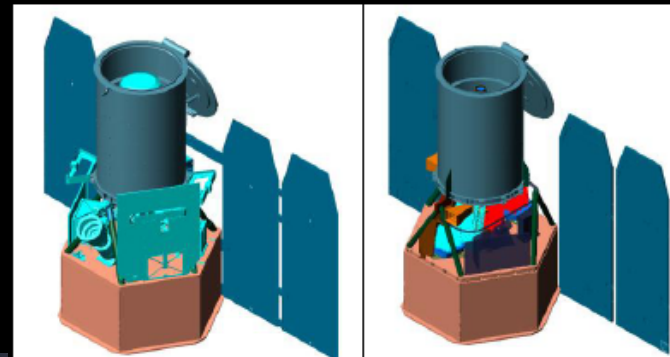


# Échantillon de 1000 galaxies proches



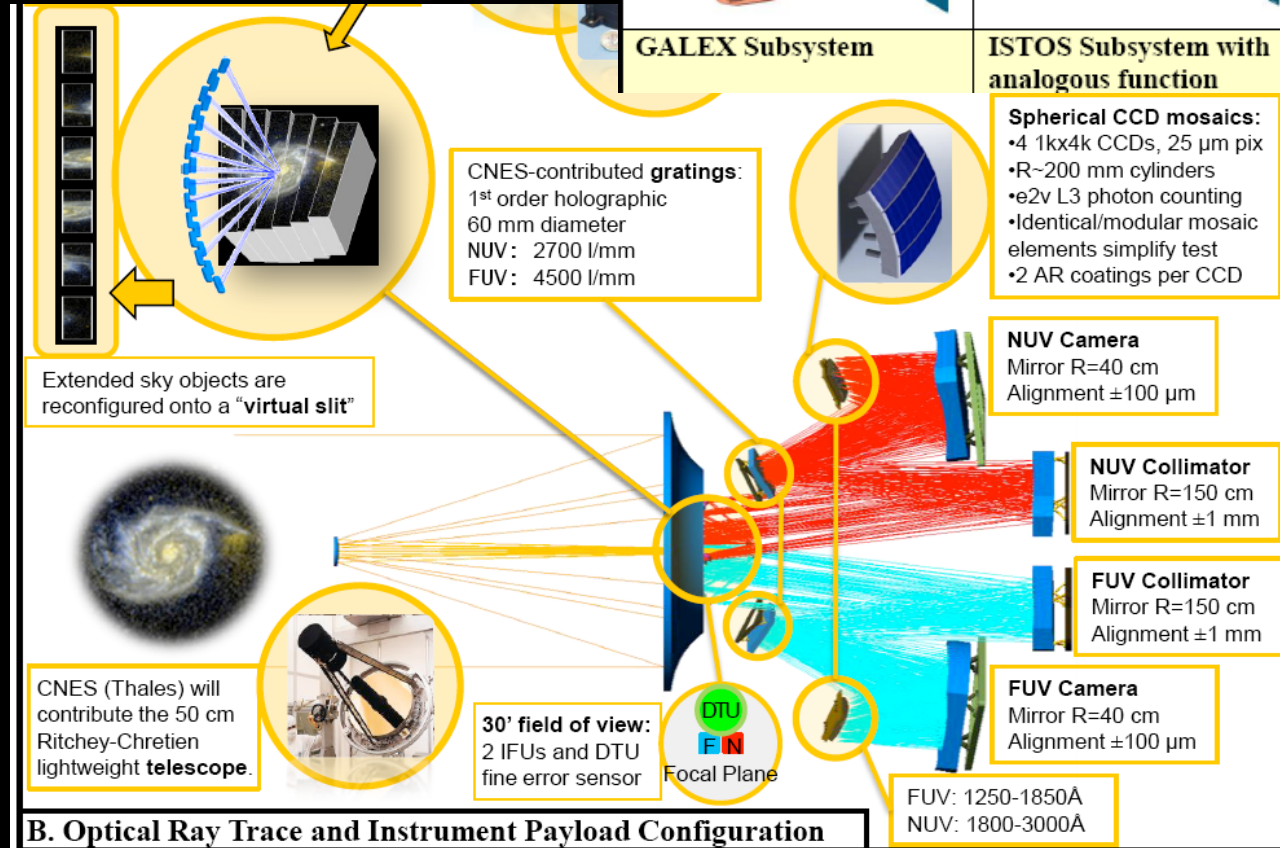
# L'instrument ISTOS : SMEX NASA

- Héritage GALEX
- Composants qualifiés en vol
- Télescope 50 cm
- 2 spectro-imageurs (FUV-NUV) 3 surfaces
- coatings > 90%
- Filtres passe-haut
- Dissecteur de champ à slicer mirrors
- 2 réseaux Jobin-Yvon
- 2 mosaïques sphériques de 4 CCD e2v L3 comptage de photons à 130°K (cryo-cooler) et haut DQE



GALEX Subsystem

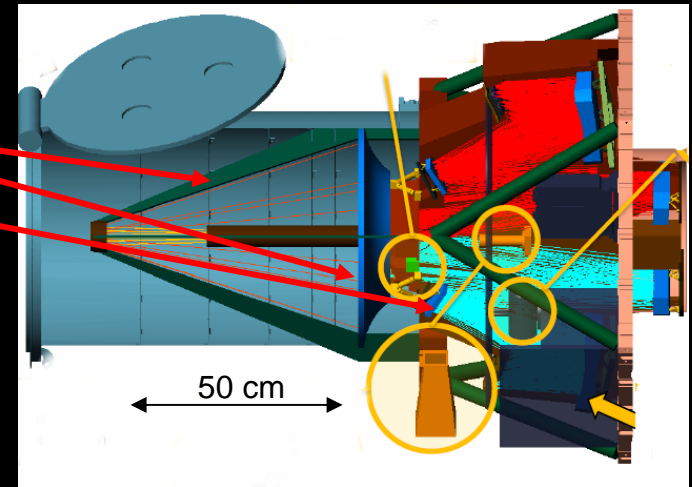
ISTOS Subsystem with analogous function



# Développement et contribution française

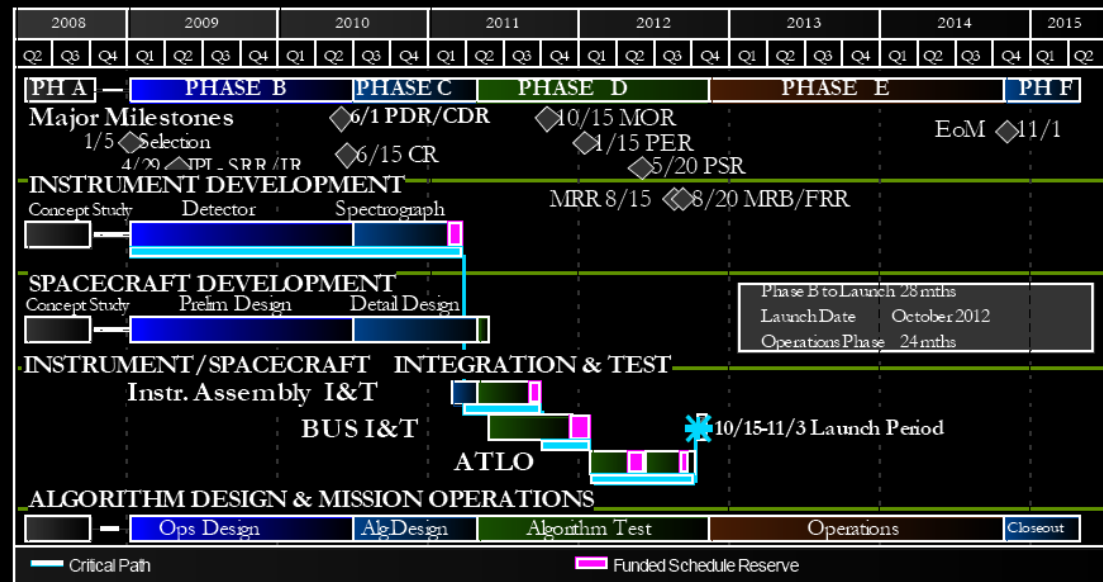
## Contribution France:

- Télescope (optiques + structure)
  - Réseaux holographiques déformés
  - Modèles photométriques
  - Détection des filaments dans les cubes 3-D
- Pré-sélection 7 / 36 août 08
  - Sélection 3-4 / 7 janvier 09



<b>Budget ISTOS</b>	
<b>Budget total</b>	<b>123 M\$</b>
<b>dont</b>	
<b>Contrib FR CNES</b>	<b>2.5 - 6.0 M€</b>
<b>Contrib UK</b>	<b>5 M€?</b>

**Fourniture FR consolidée  
comptée 10M\$ US par NASA**





# Organisation scientifique US et FR

## Co-Is NASA :

- J. Blaizot CRAL
- S. Charlot IAP
- J.-M. Deharveng LAM
- B. Milliard LAM
- C. Péroux LAM
- L. Tresse LAM

## Proposition CNES 2008 :

Associés en cours de définition

## Proposition ANR 08 (C. Péroux) :

BINGO! History of Baryons:  
IGM-Galaxies co-evolution

Equipe : ISTOS Co-Is, Y. Rasera, R. Teyssier, 2 postdocs

Focus sur les interactions IGM-galaxies

Simulations à haute résolution

Postdoc CNES (US), proposition de thèse

## Proposition CNES 2008 :

Associés en cours de définition

	Member	From	Role	Fund	Experience
PI	Chris Martin	CIT	PI-Overall resp.	Y	GALEX PI; 29 yrs space UV experience
Builders are experienced UV, CCD, and optical instrumentalists who will lead instrument & pipeline development.					
Builders	D. Schiminovich	Col. U.	Project Sci.	Y/F/I	GALEX Instrument/SODA Scientist; 17 yrs space UV exper.
	Bruno Milliard	LAM	Telescope lead	C	FOCA PI, LAM GALEX lead; 31 yrs space UV
	Pat. Morrissey	CIT	CIT Instr. lead	I	GALEX Detector Scientist; 17 yrs space UV exper.
	Ryan McLean	CIT	Optics	I	FIREBALL Project Scientist; 16 yrs space UV exper.
	John Trauger	JPL	Detectors	C	WFPC2 PI; 40 years space/UV CCD experience
	Craig MacKay	Cambr.	Detectors	C	LuckyCam PI; 40 [10] yrs CCD [L3CCD] exper.
	Shouleh Nikzad	JPL	JPL detector lead	I	15 yrs UV CCD exper., 20 yrs MBE
	Anna Moore	CIT	Optics	I	20 [10] yrs optical instrum. [Antarctic] exper.
IGM theorists will develop simulations to test against ISTOS observations					
IGM	Jerry Ostriker	Princ. U.	SIM-1	C	LSS theory/IGM models
	Renyue Cen	Princ. U.	SIM-1	Y	LSS theory/IGM Grid models
	Joop Schaye	Leiden	SIM-2	C	LSS theory/IGM SPH models
	Greg Bryan	Col. U.	SIM-3	Y/F	Theory/CGM models
	Juna Kollmeier	OCIW	Rad. Process.	Y	$L\alpha$ fluorescence & radiative transfer
	Jeremy Blaizot	Lyon	Semi Anal Mod	C	LSS theory/IGM-Galaxy models
IGM/Distant Galaxy observers develop analysis tools, corollary data sets, match ISTOS data to models					
IGM/Gals.	Chuck Steidel	CIT	O2,O3 Observ.	C	LBGs; UV spect.; QSO absorp.; Galaxy/IGM connection
	Celine Peroux	LAM	O1 Observ.	C	QSO absorption lines
	Laurence Tresse	LAM	O2, O3 Observ.	C	Galaxy evolution observer, CFRS, VVDS, COSMOS
	Crystal Martin	UCSB	O2, O3 Observ.	Y/F	Galaxy feedback/Galaxy evol. Observer
	J.-M. Deharveng	LAM	O1, O3 Observ.	C	Galaxies, galaxy evolution, UV, IGM observations
Galaxy group develops new UV+multi- $\lambda$ spectral models, galaxy spectral mapping tools, & match to ISTOS+multi- $\lambda$ data					
Galaxies	Robert Kennicutt	Cambr.	O3 Observ.	C	Star formation in galaxies
	Ben Johnson	Cambr.	O3 Observ.	C	Galaxies: UV/multiwavelength diagnostics
	Stephane Charlot	IAP	O3 Theory	C	Galaxy spectral synthesis models; JWST Science Team
	Claus Leitherer	StSci	O3 Theory	Y/F	Galaxy UV stellar pops & spectral synthesis models
	Tim Heckman	JHU	O2-3 obs	Y/F	Galaxy feedback in nearby & distant galaxies

Notes: C=contributed, I=Included in inst cost, Y=funded, F=faculty (funded for part of summer, post-doc or GRA)

## Données ISTOS (~ GALEX) :

Sur MAST, publiques après 3 mois

Cubes données calibrés

Avants-plans supprimés (terrestres, zodi, Galac, stellaires)

Stacking, corrélation, distribution radiale/azimutale

# ISTOS

- Exploration d'un nouveau domaine
- Dernière "Terra incognita" des baryons
- Possible dès 2013 à coût modéré

*before*



*after*

