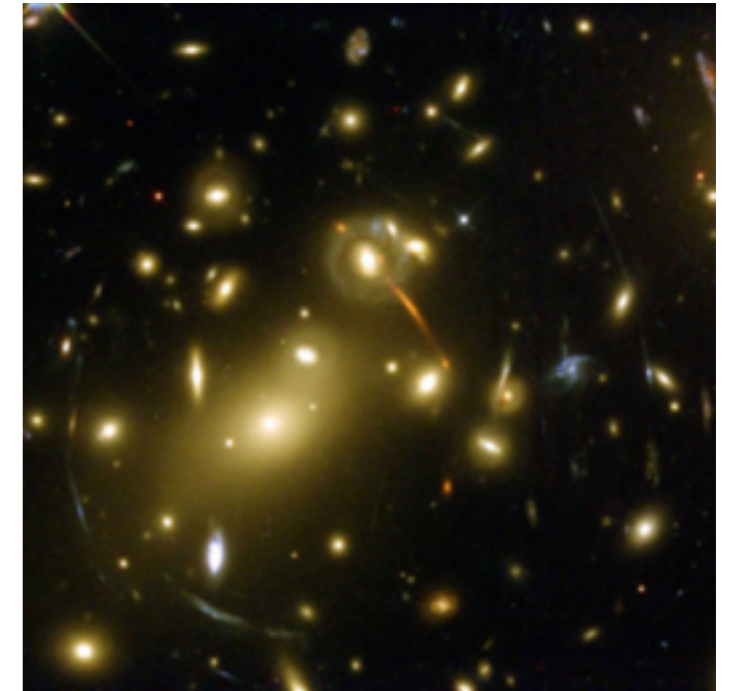
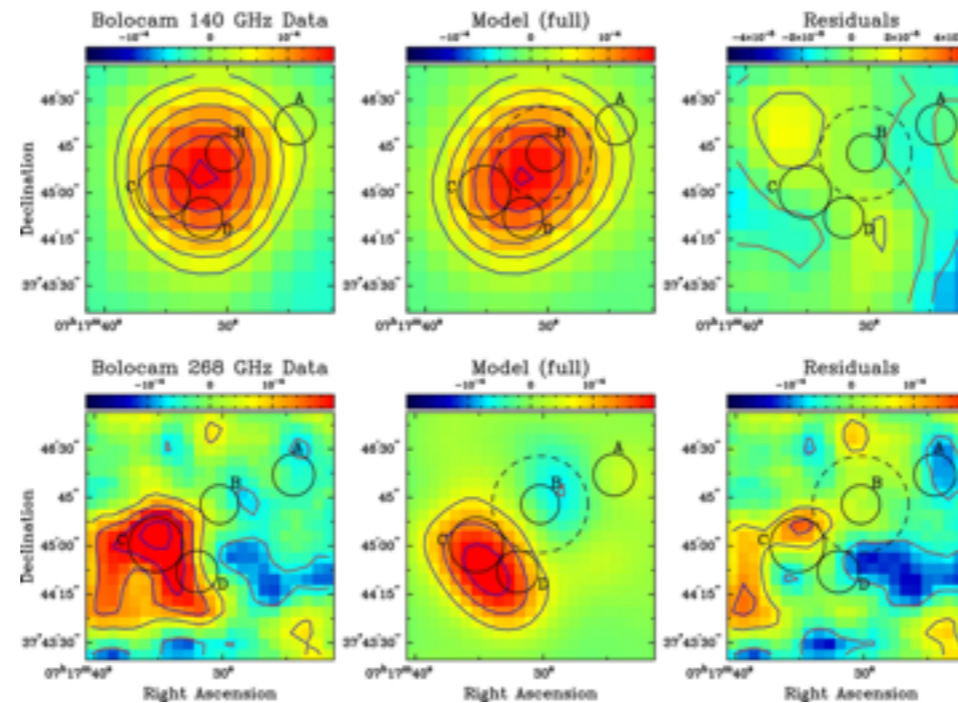
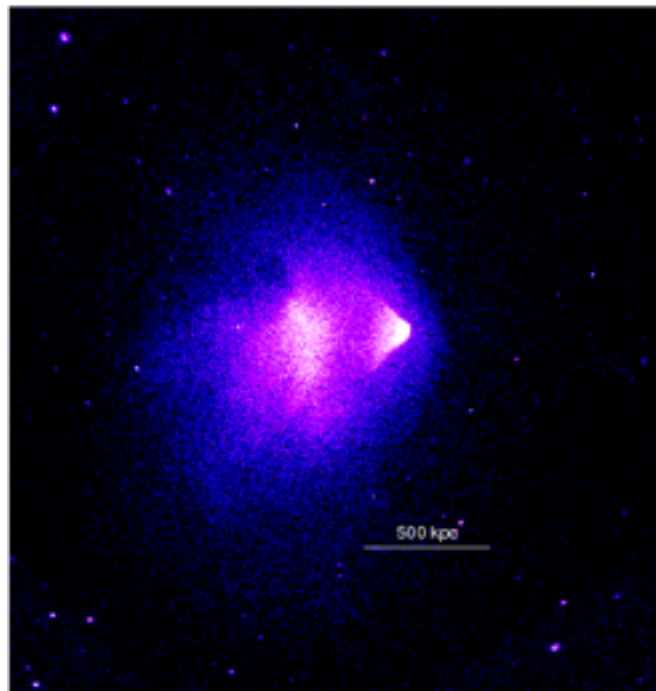


Journal Club

CONSTRAINTS ON THE MASS, CONCENTRATION, AND NONTHERMAL PRESSURE SUPPORT OF SIX CLASH CLUSTERS FROM A JOINT ANALYSIS OF X-RAY, SZ, AND LENSING DATA

SETH R. SIEGEL^{1,2,3}, JACK SAYERS¹, ANDISHEH MAHDAVI⁴, MEGAN DONAHUE⁵, JULIAN MERTEN⁶, ADI ZITRIN^{1,7}, MASSIMO MENEGHETTI⁸, KEIICHI UMETSU⁹, NICOLE G. CZAKON⁹, SUNIL R. GOLWALA¹, MARC POSTMAN¹⁰, PATRICK M. KOCH⁹, ANTON M. KOEKEMOER¹⁰, KAI-YANG LIN⁹, PETER MELCHIOR^{11,12}, SANDOR M. MOLNAR⁹, LEONIDAS MOUSTAKAS⁸, TONY K. MROCKOWSKI¹³, ELENA PIERPAOLI¹⁴, AND JENNIFER SHITANISHI¹⁴

Submitted to the Astrophysical Journal: December 19, 2016





V. Springel *et al.*, Heidelberg Institute for Theoretical Studies

- **Simulations numériques**

→ Lien entre l'état hydrodynamique du milieu intra-amas (ICM) et la cosmologie

- Grandes incertitudes sur les processus liés à la physique baryonique durant la formation des amas :

Formation stellaire

Apport d'énergie par les AGN

Refroidissement radiatif du gaz

Vents des supernovae

Mouvements de bulk

Turbulences du gaz

- **Formation des amas :**

- Collapse rapide suivi d'une série de merger importants et de croissance lente par accrétion du milieu environnant
- Gaz accrété à des vitesses super-soniques → échauffement, puis thermalisation par choc au niveau du rayon du viriel
- Virialisation incomplète du gaz : fraction de l'énergie cinétique transformée en turbulences et mouvements de bulk

→ Pression non-thermique : contribution significative à l'équilibre de l'ICM contre la gravité



Nécessité de contraindre la fraction de pression non-thermique dans les amas sur de larges gammes de masse et de redshift

- I – Sélection de l'échantillon d'amas
- II – Modélisation du contenu matériel et de la fraction de pression non-thermique
- III – Les observables
- IV – Les données Chandra, Bolocam et HST/Subaru
- V – Analyse et résultats

- I – Sélection de l'échantillon d'amas
- II – Modélisation du contenu matériel et de la fraction de pression non-thermique
- III – Les observables
- IV – Les données Chandra, Bolocam et HST/Subaru
- V – Analyse et résultats

- Échantillon CLASH (Cluster Lensing And Supernova survey with Hubble) :
 - 25 amas de galaxies $0.2 < z < 0.9$ • $M_{tot} \sim 5 - 20 \times 10^{14} M_{\odot}$
- Amas observés en X avec le *Chandra X-ray Observatory*, en SZ thermique avec *Bolocam* et en optique avec *HST* (strong lensing) et *Suprime-Cam@Subaru Telescope* (weak lensing)
- Sélection du sous-échantillon pour une étude basée sur une modélisation sphérique des amas :
 - Surface de brillance X donnée par Chandra : symétrie circulaire avec un unique pic X bien défini
 - Morphologie SZ circulaire
 - Décalage de centroïde X, w_{500c} , inférieur à 0.006 (peu de clumps)



8 amas présentent ces critères

Contraintes lensing
controversées pour 2 amas

6 amas retenus pour cette étude

Table 1
Characteristics of the multiwavelength observations of the six galaxy clusters in our sample.

Name	z	RA (J2000)	DEC (J2000)	SZ S/N	<i>Chandra</i> Time (ksec)	N_{sys}^a	HST ρ_{gal}^b (arcmin $^{-2}$)	Subaru ρ_{gal}^c (arcmin $^{-2}$)
Abell 383	0.187	02:48:03.40	-03:31:44.9	9.6	38.8	9	50.7	9.0
Abell 611	0.288	08:00:56.82	+36:03:23.6	10.8	36.1	4	42.3	8.8
MACS J0429.6-0253	0.399	04:29:36.05	-02:53:06.1	8.9	23.2	3	42.4	12.0
MACS J1311.0-0310	0.494	13:11:01.80	-03:10:39.8	9.6	63.2	2	33.7	20.2
MACS J1423.8+2404	0.545	14:23:47.88	+24:04:42.5	9.4	115.6	5	75.3	9.8
MACS J1532.8+3021	0.363	15:32:53.78	+30:20:59.4	8.0	89.0	0	35.9	16.6

^a The number of multiple-image systems used in the strong lensing analysis of [Merten et al. \(2015\)](#).

^b The surface-number density of background selected galaxies in the HST field used for the weak lensing analysis of [Merten et al. \(2015\)](#).

^c The surface-number density of background selected galaxies in the Subaru field used for the weak lensing analysis of [Merten et al. \(2015\)](#) and derived from the work of [Umetsu et al. \(2014\)](#).

- I – Sélection de l'échantillon d'amas
- II – Modélisation du contenu matériel et de la fraction de pression non-thermique**
- III – Les observables
- IV – Les données Chandra, Bolocam et HST/Subaru
- V – Analyse et résultats

- Modèle de densité totale de matière : Navarro-Frenk-White $\rho_{\text{tot}}(r) = \rho_{\text{tot},0} \left(\frac{r}{r_s}\right)^{-1} \left(1 + \frac{r}{r_s}\right)^{-2}$
- Reparamétrisation \longrightarrow **masse totale** de l'amas à un rayon de référence

$$M_{\text{tot}, \Delta_{\text{ref}}} \equiv 4\pi r_s^3 \rho_{\text{tot},0} \left[\ln \left(\frac{r_s + r_{\Delta_{\text{ref}}}}{r_s} \right) - \frac{r_{\Delta_{\text{ref}}}}{r_s + r_{\Delta_{\text{ref}}}} \right]$$



- Modèle de **densité de gaz** donné par la somme de 2 modèles β :
 - Premier modèle β modifié pour mieux décrire les amas de type cool-core \longrightarrow Paramètre α fixé à 0.5
 - Paramètre δ contrôle la rapidité de transition entre les deux lois de puissance \longrightarrow fixé à 4
 - Deuxième modèle β \longrightarrow description de la région du coeur de l'amas avec $r_{\text{gas,core}} < 50$ kpc et $\beta_{\text{core}} = 1$

\longrightarrow Paramètres variables :

$$M_{\text{tot}, \Delta_{\text{ref}}} - r_s \quad \rho_{\text{gas,core}} - r_{\text{gas,core}}$$

$$\rho_{\text{gas},0} - r_{\text{gas}} - \beta$$

$$r_{\text{gas,outer}} - \epsilon$$

$$\rho_{\text{gas}}(r) = \rho_{\text{gas},0} \left(\frac{r}{r_{\text{gas}}}\right)^{-\alpha} \left(1 + \left(\frac{r}{r_{\text{gas}}}\right)^2\right)^{(\alpha-3\beta)/2}$$

$$\times \left(1 + \left(\frac{r}{r_{\text{gas,outer}}}\right)^\delta\right)^{-\epsilon/\delta}$$

$$+ \rho_{\text{gas,core}} \left(1 + \left(\frac{r}{r_{\text{gas,core}}}\right)^2\right)^{-3\beta_{\text{core}}/2},$$

- Pression totale dans un amas de galaxies : somme de la pression thermique et de la pression non-thermique

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{th}} + P_{\text{nth}}$$

$$= \frac{k_B T \rho_{\text{gas}}}{\mu m_p} + P_{\text{nth}} \quad \text{avec } k_B, \mu \text{ et } m_p : \text{ constantes connues}$$

- Pression totale dans un amas de galaxies : somme de la pression thermique et de la pression non-thermique

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{th}} + P_{\text{nth}}$$

$$= \frac{k_B T \rho_{\text{gas}}}{\mu m_p} + P_{\text{nth}} \quad \text{avec } k_B, \mu \text{ et } m_p : \text{ constantes connues}$$

- Pression totale dans un amas de galaxies : somme de la pression thermique et de la pression non-thermique

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{th}} + P_{\text{nth}}$$
$$= \frac{k_B T \rho_{\text{gas}}}{\mu m_p} + P_{\text{nth}} \quad \text{avec } k_B, \mu \text{ et } m_p : \text{ constantes connues}$$

- Pression totale dans un amas de galaxies : somme de la pression thermique et de la pression non-thermique

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{th}} + P_{\text{nth}}$$

$$= \frac{k_B T \rho_{\text{gas}}}{\mu m_p} + P_{\text{nth}} \quad \text{avec } k_B, \mu \text{ et } m_p : \text{ constantes connues}$$

- Modélisation de la fraction de pression non-thermique dans les amas :

$$\frac{P_{\text{nth}}}{P_{\text{tot}}}(r) \equiv \mathcal{F}(r) = \mathcal{F}_{\text{outer}}(r) + \mathcal{F}_{\text{inner}}(r)$$

with

$$\mathcal{F}_{\text{outer}}(r) = C \left\{ 1 - A \left(1 + \exp \left[\left(\frac{r/r_{200m}}{B} \right)^\gamma \right] \right) \right\}$$

and

$$\mathcal{F}_{\text{inner}}(r) = D \left(1 + \left(\frac{r/r_{200m}}{E} \right)^4 \right)^{-\zeta/4}$$

$\mathcal{F}_{\text{outer}}$:

Formule empirique décrivant la fraction de pression non-thermique moyenne observée dans les simulations pour $r > 0.1 \times r_{200,m}$

→ A, B, γ fixés au best-fit [Nelson et al. \(2014\)](#)

$\mathcal{F}_{\text{inner}}$:

Permet à la fraction de pression non-thermique d'augmenter dans le coeur

→ Paramètres variables :
 C, D, E, ζ

- Pression totale dans un amas de galaxies : somme de la pression thermique et de la pression non-thermique

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{th}} + P_{\text{nth}}$$

$$= \frac{k_B T \rho_{\text{gas}}}{\mu m_p} + P_{\text{nth}} \quad \text{avec } k_B, \mu \text{ et } m_p : \text{ constantes connues}$$

- Modélisation de la fraction de pression non-thermique dans les amas :

$$\frac{P_{\text{nth}}}{P_{\text{tot}}}(r) \equiv \mathcal{F}(r) = \mathcal{F}_{\text{outer}}(r) + \mathcal{F}_{\text{inner}}(r)$$

with

$$\mathcal{F}_{\text{outer}}(r) = C \left\{ 1 - A \left(1 + \exp \left[- \left(\frac{r/r_{200m}}{B} \right)^\gamma \right] \right) \right\}$$

and

$$\mathcal{F}_{\text{inner}}(r) = D \left(1 + \left(\frac{r/r_{200m}}{E} \right)^4 \right)^{-\zeta/4}$$

$\mathcal{F}_{\text{outer}}$:

Formule empirique décrivant la fraction de pression non-thermique moyenne observée dans les simulations pour $r > 0.1 \times r_{200,m}$

→ A, B, γ fixés au best-fit Nelson *et al.* (2014)

$\mathcal{F}_{\text{inner}}$:

Permet à la fraction de pression non-thermique d'augmenter dans le coeur

→ Paramètres variables :
 C, D, E, ζ



- **Hypothèse** : ICM dans un état d'équilibre où l'attraction gravitationnelle est compensée par un gradient de pression

$$\nabla P_{\text{tot}} = -\rho_{\text{gas}} \nabla \Phi$$

- Utilisation de la formule de P_{tot} \longrightarrow
$$\frac{d}{dr} \left[\frac{1}{1 - \mathcal{F}(r)} \frac{\rho_{\text{gas}}(r) k_B T(r)}{\mu m_p} \right] = - \frac{GM_{\text{tot}}(r) \rho_{\text{gas}}(r)}{r^2}$$

- **Hypothèse** : ICM dans un état d'équilibre où l'attraction gravitationnelle est compensée par un gradient de pression

$$\nabla P_{\text{tot}} = -\rho_{\text{gas}} \nabla \Phi$$

- Utilisation de la formule de P_{tot} \longrightarrow
$$\frac{d}{dr} \left[\frac{1}{1 - \mathcal{F}(r)} \frac{\rho_{\text{gas}}(r) k_B T(r)}{\mu m_p} \right] = - \frac{GM_{\text{tot}}(r) \rho_{\text{gas}}(r)}{r^2}$$



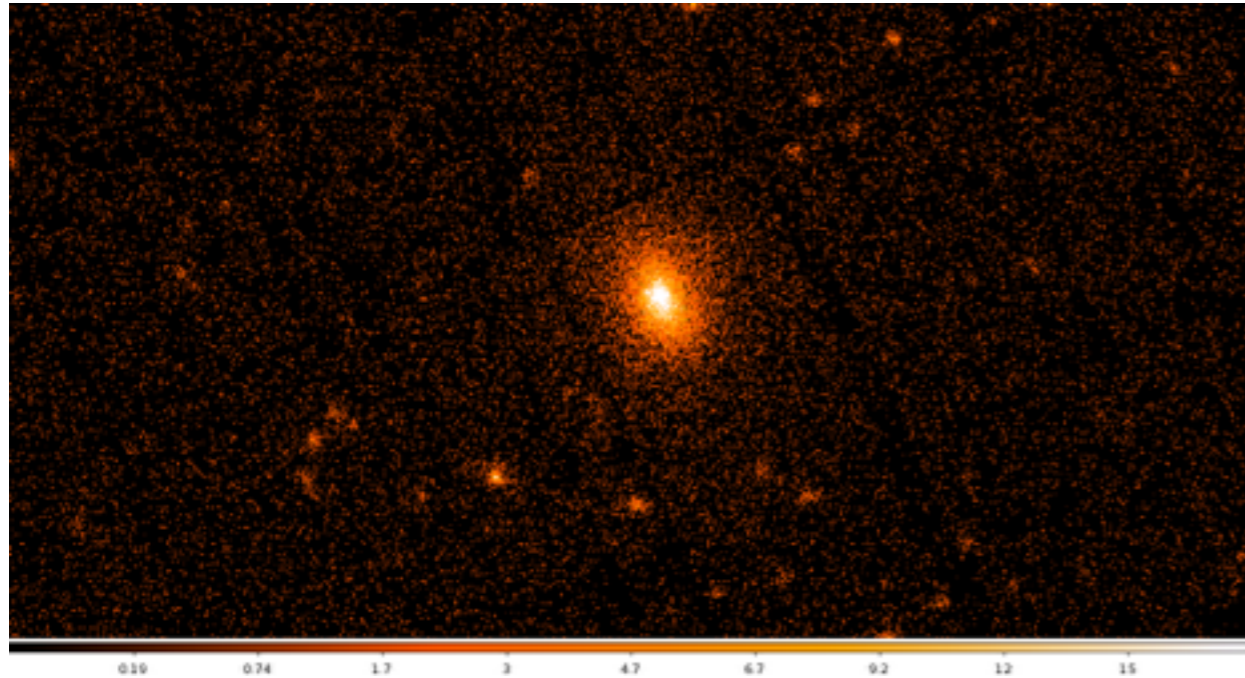
Calcul du profil de température sans introduire de modèle paramétrique supplémentaire :

$$k_B T(r) = k_B T_{\text{trunc}} + (1 - \mathcal{F}(r)) \frac{\mu m_p}{\rho_{\text{gas}}(r)} \int_r^{r_{\text{trunc}}} \frac{GM_{\text{tot}}(x) \rho_{\text{gas}}(x)}{x^2} dx$$



Modèle d'amas entièrement défini

- I – Sélection de l'échantillon d'amas
- II – Modélisation du contenu matériel et de la fraction de pression non-thermique
- III – Les observables**
- IV – Les données Chandra, Bolocam et HST/Subaru
- V – Analyse et résultats



- L'ICM émet des rayons X par bremsstrahlung thermique (free-free) des électrons énergétiques sur les ions
- **Signal** : nombre de coups de photons X d'une énergie définie à une certaine position dans le plan du ciel

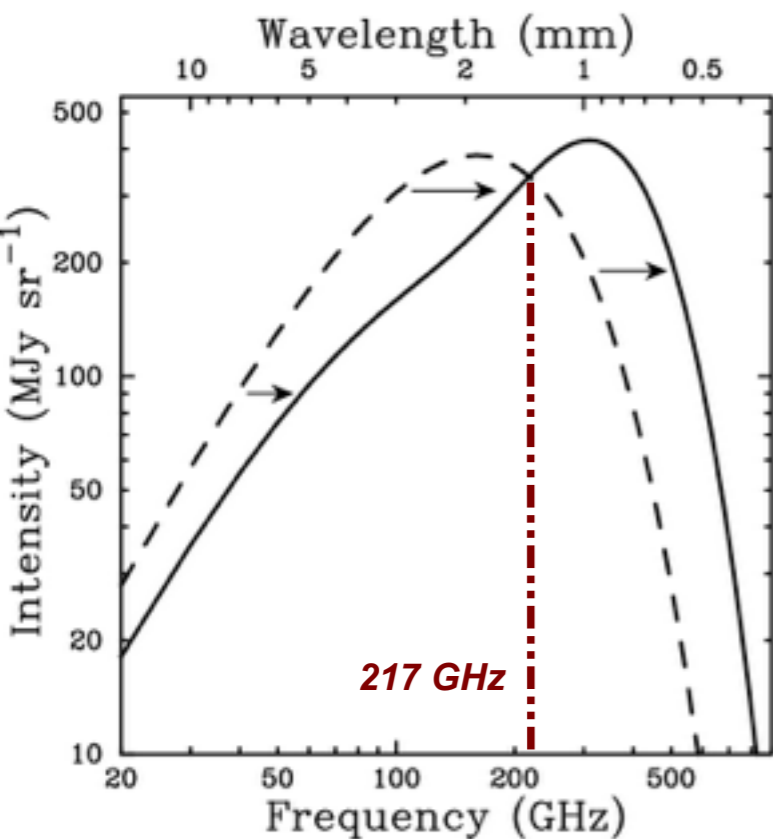
- Flux X émis par l'amas mesuré à une énergie $h\nu$ dans un anneau de rayon interne R_1 et de rayon externe R_2 :

$$S = \frac{1}{4\pi D_L^2} \int_{R_1}^{R_2} 2\pi R dR \int_R^{r_{\text{trunc}}} n_e(r) n_H(r) \Lambda [h\nu', T(r), Z(r)] \frac{2r dr}{\sqrt{r^2 - R^2}}$$

avec $h\nu' = h\nu/(1+z)$: énergie dans le référentiel de l'amas et $Z(r)$: profil de métallicité de l'amas (modélisé)



L'analyse d'une carte de surface de brillance X permet de contraindre la **densité** du gaz



Carlstrom *et al.* ARA&A (2002)

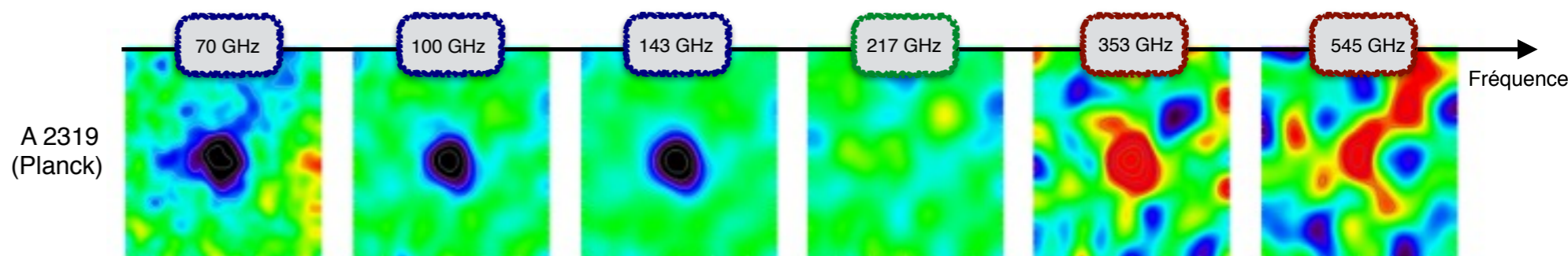
- **Effet Sunyaev - Zel'dovich (SZ) :**

Diffusion Compton inverse des photons du CMB sur des électrons énergétiques de l'ICM

→ Les photons du CMB acquièrent de l'énergie

Distorsion spectrale du CMB $T_{SZ} = T_{CMB} f(x)y$ avec $x = h\nu/k_B T_{CMB}$

→ L'effet SZ est indépendant du redshift

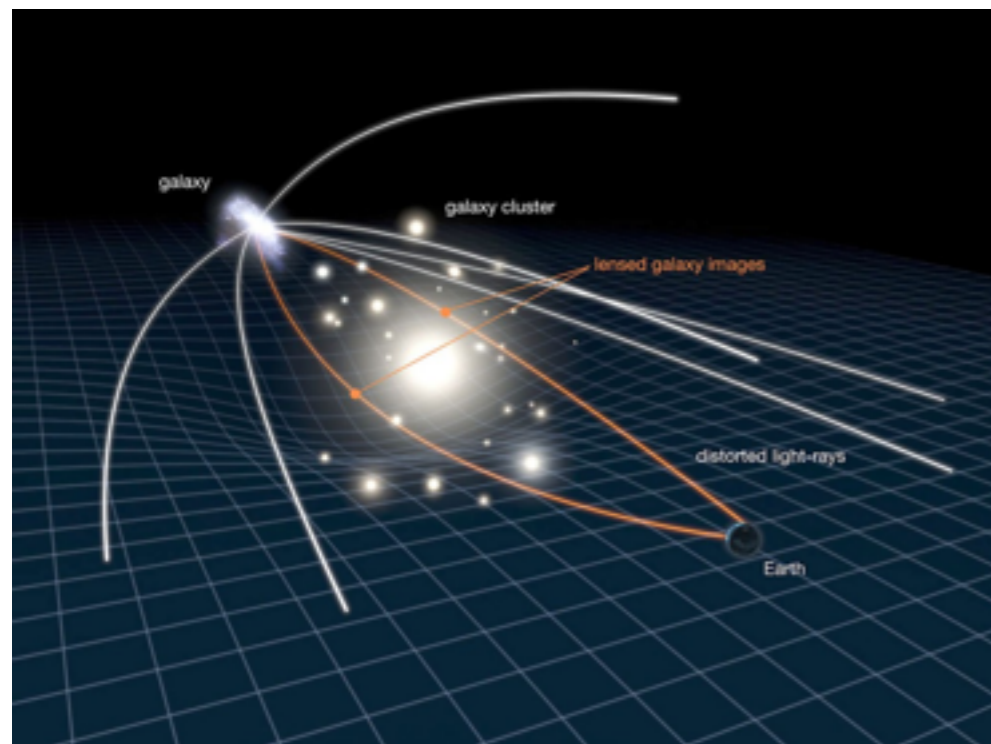


A 2319
(Planck)

- L'amplitude de l'effet SZ est donnée par le paramètre de Compton :

$$y = \frac{\sigma_T}{m_e c^2} \int_R^{r_{\text{trunc}}} n_e(r) k_B T(r) [1 + \delta_R(x, T(r))] \frac{2r dr}{\sqrt{r^2 - R^2}}$$

→ Caractérise la **pression électronique thermique** à l'intérieur de l'ICM



	< 0	> 0
κ		
$\text{Re}[\gamma]$		
$\text{Im}[\gamma]$		

- Changement de coordonnées modifiant l'image d'objets d'arrière-plan
- Mapping de la position angulaire réelle de l'objet $\vec{\beta}$ vers sa position observée $\vec{\theta}$

→ Caractérisé par le Jacobien $A_{ij} = \frac{\partial \beta^i}{\partial \theta^j}$

- Séparation de la transformation de l'image d'un objet d'arrière-plan en 2 termes :

- **Convergence** κ : augmente la taille angulaire des objets
- **Shear** γ : élongation de l'image des objets (différent de l'ellipticité observée)

- Le Jacobien est relié au **shear** et à la **convergence** (observable) : $A = \begin{bmatrix} 1 - \kappa - \text{Re}[\gamma] & -\text{Im}[\gamma] \\ -\text{Im}[\gamma] & 1 - \kappa + \text{Re}[\gamma] \end{bmatrix}$

- **Convergence** reliée à la densité totale de matière dans l'amas : $\kappa = \frac{1}{\Sigma_{\text{crit}}} \int_R^\infty \rho_{\text{tot}}(r) \frac{2rdr}{\sqrt{r^2 - R^2}}$

avec $\Sigma_{\text{crit}} = \frac{c^2}{4\pi G} \frac{D_s}{D_{ls}D_l}$



Contraint la masse totale de l'amas de galaxies (**potentiel gravitationnel**)

- I – Sélection de l'échantillon d'amas
- II – Modélisation du contenu matériel et de la fraction de pression non-thermique
- III – Les observables
- IV – Les données Chandra, Bolocam et HST/Subaru**
- V – Analyse et résultats



- **Chandra :**

Soit un bin en énergie centré en $h\nu_j$ et un anneau du ciel de rayon interne R_i et de rayon externe R_{i+1}

Mesure X donnée par : $S_{ij} = S_{ij}^{\text{obs}} - S_{ij}^{\text{bkg}}$ avec $\sigma_{S_{ij}} = \sqrt{S_{ij}^{\text{obs}} + S_{ij}^{\text{bkg}}}$

- **Bolocam :**

Mesure SZ donnée par la carte de surface de brillance SZ et par la matrice de covariance :

$$(\mathbf{C}_{T_{SZ}})_{ij} = \begin{cases} \frac{(\text{sensitivity})^2}{t_i} & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad \text{Sensibilité calculée en utilisant 1000 réalisations de cartes de bruit à partir de cartes de jackknife}$$

- **HST et Subaru :**

Combinaison des mesures de weak et strong lensing pour estimer un profil de convergence $\kappa(r)$

Rééchantillonnage du catalogue de shear par bootstrap (weak lensing) et variation gaussienne du redshift des images multiples (strong lensing) \longrightarrow estimation de la matrice de covariance \mathbf{C}_{κ}

- I – Sélection de l'échantillon d'amas
- II – Modélisation du contenu matériel et de la fraction de pression non-thermique
- III – Les observables
- IV – Les données Chandra, Bolocam et HST/Subaru
- V – Analyse et résultats**

- Utilisation du code d'analyse JACO (Joint Analysis of Cluster Observations)
- Algorithme MCMC utilisant un échantillonnage de Metropolis-Hastings de la postérieure :

$$p(\boldsymbol{\theta}_p | \mathbf{S}, \mathbf{T}_{\text{SZ}}, \boldsymbol{\kappa}) \propto \mathcal{L}(\mathbf{S}, \mathbf{T}_{\text{SZ}}, \boldsymbol{\kappa} | \boldsymbol{\theta}_p) \pi(\boldsymbol{\theta}_p)$$

- À chaque pas du MCMC dans l'espace des paramètres $\boldsymbol{\theta}_p$:

- Nouveau modèle d'amas généré

Spectres X associés $\hat{S}_{ij}(\boldsymbol{\theta}_p)$

Carte de surface de brillance SZ $\hat{T}_{\text{SZ}}(\boldsymbol{\theta}_p)$

Profil de convergence $\hat{\kappa}(\boldsymbol{\theta}_p)$

- Calcul du χ^2 total

$$\chi_{\text{XR}}^2 = \sum_{i,j} \frac{(S_{ij} - \hat{S}_{ij}(\boldsymbol{\theta}_p))^2}{\sigma_{S_{ij}}^2} \quad \chi_{\text{SZ}}^2 = \sum_i \frac{(T_{\text{SZ},i} - \hat{T}_{\text{SZ},i}(\boldsymbol{\theta}_p))^2}{(C_{T_{\text{SZ}}})_{ii}}$$

$$\chi_{\text{GL}}^2 = (\boldsymbol{\kappa} - \hat{\kappa}(\boldsymbol{\theta}_p))^{\top} \mathbf{C}_{\boldsymbol{\kappa}}^{-1} (\boldsymbol{\kappa} - \hat{\kappa}(\boldsymbol{\theta}_p))$$

- Test d'acceptance



Après convergence des chaînes, la postérieure finale contraint chaque paramètre du modèle d'amas choisi

- Utilisation du F-test pour sélectionner le modèle le plus restreint permettant un ajustement adéquat des données :

$$F = \frac{(\chi_{\text{restricted}}^2 - \chi_{\text{unrestricted}}^2) / \chi_{\text{unrestricted}}^2}{(v_{\text{restricted}} - v_{\text{unrestricted}}) / v_{\text{unrestricted}}}$$



augmentation de la valeur du χ^2 minimum résultant de la suppression d'un paramètre libre sur l'augmentation du ndf

- Test statistique suivant une F-distribution sous l'hypothèse H_0 que le modèle non-contraint n'améliore pas l'ajustement

Densité de gas

G-0 We fix $\alpha = 0$ and $\rho_{\text{gas,c}} = 0$.

G-1a We let α float, but fix $\rho_{\text{gas,c}} = 0$.

G-1b We let $\rho_{\text{gas,c}}$ and r_c float (recall that $\beta_c = 1$), but fix $\alpha = 0$.

G-2 We let α , $\rho_{\text{gas,c}}$, and r_c float.

Fraction de pression non-thermique

F-0 We assume completely thermal pressure support by fixing $C = 0$ and $D = 0$.

F-1a We allow for an outer nonthermal pressure component by floating C , but fix $D = 0$.

F-1b We allow for an inner nonthermal pressure component by floating D , E , and ζ , but fix $C = 0$.

F-2 We allow for both outer and inner nonthermal pressure components by floating C , D , E , and ζ .

Table 3

Maximally restricted model for each cluster as determined by the F -test decision trees.

Name	Gas Density	Nonthermal Pressure Fraction
Abell 383	G-1b	F-1a
Abell 611	G-1a	F-0
MACS J0429.6-0253	G-1a	F-0
MACS J1311.0-0310	G-0	F-0
MACS J1423.8+2404	G-1b	F-0
MACS J1532.8+3021	G-1b	F-1b



- Aucun amas du sous-échantillon ne nécessite un modèle totalement non-contraint
- Deux amas nécessitent un terme de pression non-thermique pour décrire les données observées

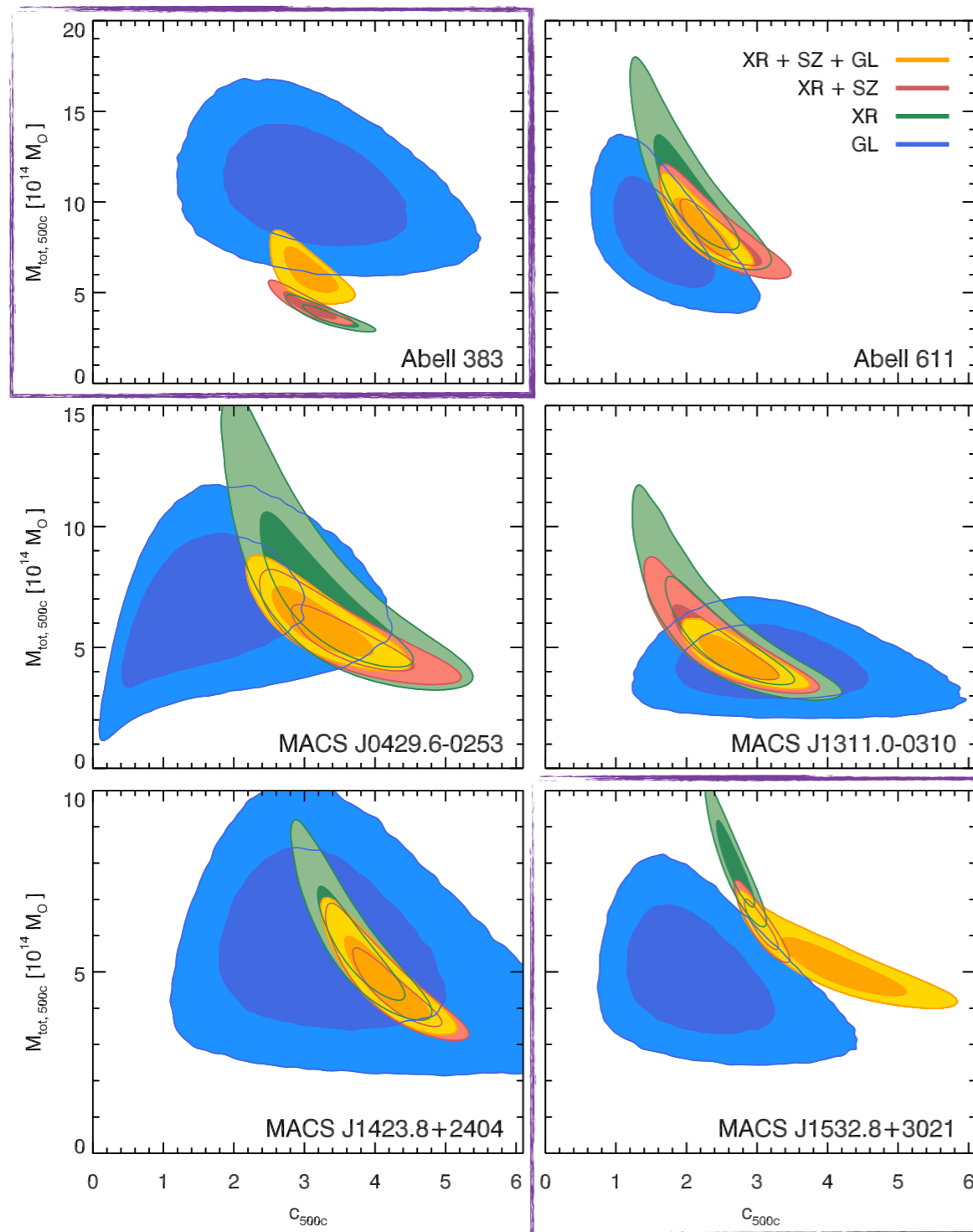


Figure 2. Constraints on the concentration and total mass at r_{500c} for the six galaxy clusters in our sample. Contours denote 68% and 95% credible regions. The colors denote fits to different combinations of datasets. Blue denotes a fit to the lensing data only (GL), green the X-ray data only (XR), red the X-ray and SZ data (XR+SZ), and gold the full multiwavelength dataset using the maximally restricted model (XR+SZ+GL). Note that the range of the y-axis is different for each row. In the case of MACS J1532.8+3021, the model employed in the XR+SZ+GL fit includes an inner nonthermal pressure component that was omitted from the other three analyses (because it cannot be constrained without the full multiwavelength dataset) and results in the seemingly conflicting constraints on the concentration.

- Ajustement d'un sous-ensemble des données pour identifier les améliorations apportées par l'analyse jointe



Incertitude sur la mesure de la masse totale par le lensing (non-biaisée) significativement réduite par l'analyse jointe X-SZ-lensing

- Amas Abell 383 : mauvaise description par un modèle sphérique car vraisemblablement étiré le long de la ligne de visée (modèle triaxial de [Morandi et al. \(2012\)](#))

$$\theta_{l.o.s} = 21.1^\circ \pm 10.1^\circ$$

$$\eta_{DM,a} = 0.55 \pm 0.06$$

$$\eta_{DM,b} = 0.71 \pm 0.10$$

- MACS J1532.8+3021 contient un AGN puissant qui induit certainement l'importante fraction de pression non-thermique observée dans le coeur de l'amas

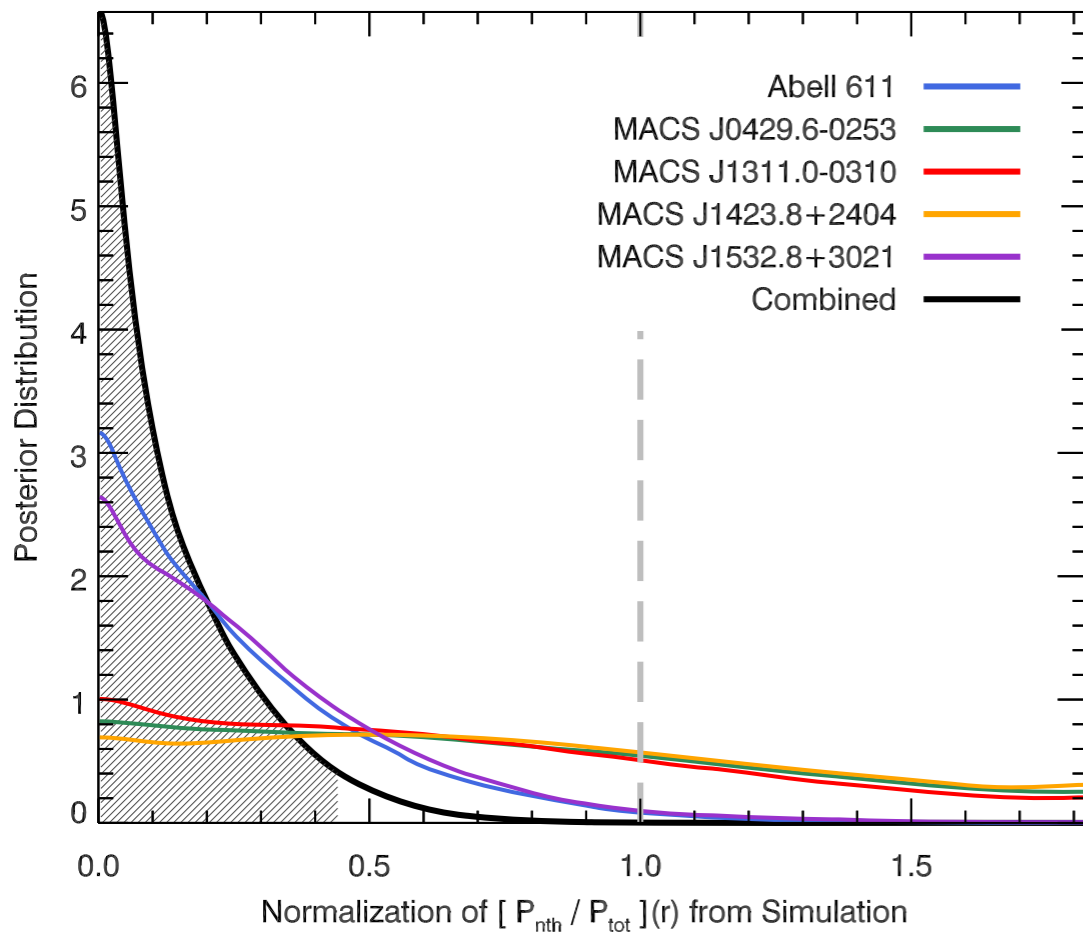


Figure 3. Posterior distribution of the normalization C of the best-fit non-thermal pressure fraction profile from Nelson et al. (2014). The different colors denote the different galaxy clusters in the spherical sample (excluding Abell 383). Black denotes the combined posterior distribution obtained by multiplying the posterior distributions from the individual clusters. The shading denotes the 95% credible region determined from the combined posterior distribution. The dashed gray line at $C = 1.0$ corresponds to the mean value observed in simulation.

→ Profil universel de fraction de pression non-thermique observé dans les simulations ($C = 1$) : mauvaise description de l'échantillon

- Nouvel ajustement des 5 amas bien décrits par un modèle sphérique en laissant le paramètre C variable
- Distribution postérieure marginalisée → paramètre C
- Postérieures multipliées entre-elles pour obtenir une contrainte combinée
- L'intervalle de crédibilité à 95% sur C est donné par $[0, 0.43]$
- Comparaison de la limite supérieure obtenue avec les résultats des simulations numériques

Table 6

Upper bound on the nonthermal pressure fraction at several overdensity radii.

Parameter	N_{cluster}^a	95% Upper Bound	Expectation from Simulation ^b
C	5	0.44	1.00
$\mathcal{F}(r_{2500c})$	5	0.06	0.15
$\mathcal{F}(r_{500c})$	4	0.11	0.26
$\mathcal{F}(r_{200c})$	1	0.29	0.35
$\mathcal{F}(r_{200m})$	1	0.35	0.43

^a Number of galaxy clusters used to construct the 95% upper bound.

^b Median value from the simulation of Nelson et al. (2014) for clusters with the mass/redshift as those used to construct the upper bound.

- Modèle sphérique avec équilibre hydrostatique et 100% de pression thermique adapté pour décrire 4 des 6 amas de l'échantillon sélectionné
- Contraintes sur la masse totale améliorées de 50 à 70% par l'analyse multi-sonde X-SZ-lensing vis-à-vis de celles obtenues par le lensing uniquement
- La fraction de pression non-thermique à r_{500c} est inférieure à 11% à 95% de niveau de confiance pour cet échantillon



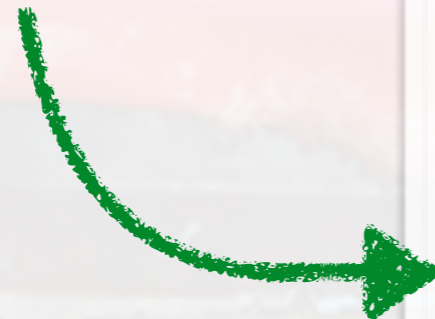
Tension avec les simulations numériques qui suggèrent une fraction de 26% à r_{500c} pour des amas de masse et redshift équivalents

- **Explication la plus probable** : effet de sélection de l'échantillon (amas sphériques et relaxés)
- **Perspective des auteurs** : effectuer la même analyse sur les 25 amas de CLASH avec un modèle triaxial

V. Springel *et al.*, Heidelberg Institute for Theoretical Studies

Merci de votre attention

La première règle du Journal Club est :
"Il est important de participer au Journal Club"



Journal Club Astropart/Cosmo - Vendredi 11h

Sondage lancé par Celine | 5 | 0 | il y a 40 jours

Renseignez le ou les jours où vous souhaitez présenter un article. Pas plus de deux articles par séance pour laisser du temps aux discussions.

[Vue tableau](#)

Ce sondage est plus grand que d'habitude
Agrandir la vue pour participer au sondage.

[Montrer les 12 options](#)

5 participants	novembre 2016		janvier 2017			février 2017	mars 2017	
	ven. 18	ven. 25	ven. 13	ven. 20	ven. 27	ven. 10		ven. 31
Celine					✓			
Barbara			?	?	?	?		?
Vincent		✓	?	?	?	?		?
Florian			✓					
David	✓			✓				
Votre nom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	1	1	1	1	0		0

[Indisponible](#) [Enregistrer](#)