

UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Faculté des sciences

Institut d'astrophysique et de géophysique

**Aspects statistiques du phénomène
de lentille gravitationnelle dans un
échantillon de quasars très lumineux**

Dissertation présentée par
Jean-François Claeskens
pour l'obtention du grade de
Docteur en sciences

Décembre 1998

[Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page]

*Pour avoir mis le pied
Sur le cœur de la nuit
Je suis un homme pris
Dans les rets étoilés.*

*J'ignore le repos
Que connaissent les hommes
Et même mon sommeil
Est dévoré de ciel.*

J. Supervielle, extrait de "Vivre"

Remerciements

Je remercie très chaleureusement mon directeur de thèse Jean Surdej pour l'aventure qu'il m'a donnée de vivre au Chili ou à Cointe en quête de mirages gravitationnels. Ses nombreux conseils judicieux m'ont initié aux arcanes de l'astronomie extragalactique observationnelle et m'ont toujours laissé la liberté d'apercevoir la solitude du chercheur; ils m'ont guidé tout au long de ce travail lors de décisions parfois difficiles à prendre. Je lui suis très reconnaissant pour son incroyable disponibilité et pour l'énergie qu'il a toujours pu me consacrer aux moments les plus cruciaux. Il m'a démontré que la recherche scientifique n'exclut pas les plus grandes qualités humaines.

Sans une très fructueuse collaboration avec Alain Smette, l'étude de l'effet de lentille parmi les DLAs et le Chapitre 6 de ce travail n'auraient jamais vu le jour. Ma reconnaissance lui est tout particulièrement adressée.

Je souhaite également remercier personnellement Eric Gosset, Damien Hutsemékers et Marc Remy pour leur disponibilité à répondre à mes nombreuses questions et les intéressantes discussions que j'ai pu avoir avec eux, très souvent à l'improviste.

Mes remerciements vont aussi à l'Observatoire Européen Austral (E.S.O.), à Jean-Pierre Swings et à Jean Surdej qui m'ont permis de connaître l'expérience unique de vivre dans un observatoire astronomique sous l'un des plus beaux ciels du monde, et de découvrir par la même occasion la nature grandiose des Andes. Mon travail a pu aboutir grâce au soutien financier du Fonds National de la Recherche Scientifique (F.N.R.S.).

Enfin, je désire remercier tous les Membres du Jury pour l'intérêt qu'ils témoignent à mon travail et le temps qu'ils y ont consacré.

Finalement, je voudrais remercier vivement mon épouse Armélinda et mes parents, pour leur patience et parfois leur sacrifice, et pour leur constante affection durant les années de mûrissement de ce travail.

Table des matières

Résumé	ix
Summary	xi
Listes des symboles et des abréviations	xiii
1 Introduction	1
1.1 Le phénomène de mirage gravitationnel : un outil cosmologique	2
1.1.1 La constante de Hubble H_0	2
1.1.2 Le paramètre de densité cosmologique Ω_0	4
1.1.3 La constante cosmologique λ_0	8
1.2 Le phénomène de mirage gravitationnel : un outil astrophysique	12
1.2.1 Distribution de matière dans les amas de galaxies	12
1.2.2 Effet microlentille et structure des quasars	13
1.2.3 Taille des nuages intergalactiques	13
1.2.4 Nature des galaxies distantes	13
1.3 Les biais observationnels	14
1.3.1 Biais en amplification et découverte de nouveaux mirages	15
1.3.2 Biais en amplification et fonction de luminosité des quasars	16
1.3.3 Biais en amplification et découverte de nouveaux objets astrophysiques	17
1.3.4 Biais en amplification et associations QSO-galaxies	17
1.3.5 Biais en amplification et densité cosmologique d'hydrogène Ω_{HI}	18
1.4 Objectifs et organisation de notre étude	19
2 Théorie du phénomène de mirage gravitationnel	21
2.1 L'optique gravitationnelle	22
2.1.1 Introduction : de Newton à Einstein	22
2.1.2 Hypothèses générales de travail	22
2.1.3 L'angle de déflexion	25
2.1.4 Détermination de l'équation de la lentille	25
2.1.4.1 Approche géométrique	26
2.1.4.2 Approche physique	27
2.1.5 Propriétés des images	29
2.1.5.1 Grandeurs normalisées	29
2.1.5.2 Amplification lumineuse, convergence et cisaillement	30
2.1.5.3 Lignes critiques et caustiques	32

2.1.5.4	Défecteurs à symétrie circulaire	34
2.1.5.5	Défecteurs singuliers	35
2.1.6	Résumé	36
2.2	Propriétés des défauteurs simples	37
2.2.1	Le modèle ponctuel (MP)	38
2.2.2	Le plan de matière (PM)	40
2.2.3	La sphère isotherme singulière (SIS)	41
2.2.4	La sphère isotherme non singulière (SINS)	45
2.2.5	L'ellipsoïde isotherme singulier (EIS)	49
2.2.6	Résumé : les différents types de mirage	53
2.3	Probabilités d'observation d'un mirage gravitationnel	59
2.3.1	La section et le volume efficaces géométriques	60
2.3.2	L'observabilité et la fonction de sélection angulaire (FSA)	61
2.3.3	Le biais en amplification	62
2.3.4	Expressions des probabilités d'observation	64
2.3.4.1	Probabilité en fonction du redshift de la lentille	65
2.3.4.2	Probabilité totale d'observation	66
2.3.4.3	Probabilité de configuration angulaire	66
2.3.4.4	Évolution des galaxies	67
2.3.5	Résumé et résultats analytiques pour le modèle SIS	68
2.4	Effet de microlentille	72
2.4.1	Introduction	72
2.4.2	Influence de l'effet microlentille sur la section efficace effective	73
2.4.3	Recherche de l'expression de la probabilité $P(A_{M\mu}, \mathbf{x})$	74
2.4.3.1	Comportement asymptotique de $P(A_{M\mu}, \mathbf{x})$ pour $A_{M\mu} \rightarrow \infty$	76
2.4.3.2	Comportement de $P(A_{M\mu}, \mathbf{x})$ aux faibles amplifications	79
2.4.3.3	Probabilité d'amplification près d'une ligne critique du macrodéflecteur	79
2.4.3.4	Expression empirique de $P(A_{M\mu}, \mathbf{x})$	79
2.4.4	Résumé	81
3	Échantillons observationnels	83
3.1	Introduction	83
3.2	Échantillons relatifs à la statistique des images multiples	84
3.2.1	Présentation générale et mise en garde	84
3.2.2	L'échantillon de l'ESO	85
3.2.3	L'échantillon CFHT de Crampton et al. (1992)	85
3.2.4	L'échantillon CFHT de Yee et al. (1993)	86
3.2.5	L'échantillon du NOT	86
3.2.6	L'échantillon du HST	86
3.2.7	L'échantillon total	88
3.2.8	Les échantillons de configuration	88
3.2.9	Soustraction de PSFs	92
3.2.10	Fonctions de sélection angulaire (FSAs)	92
3.2.11	Illustration d'un mirage exemplaire : J03.13 A&B	94

3.3	Échantillons relatifs aux associations QSO-galaxies	97
3.3.1	Présentation générale	97
3.3.2	L'échantillon du NTT (E1)	98
3.3.3	L'échantillon du télescope de 2,2m ESO/MPI (E2)	98
3.3.4	L'échantillon en proche infra-rouge (E3)	98
3.3.5	L'échantillon total U	101
3.3.6	Fonctions de sélection angulaire (FSAs)	101
4	Statistique des images multiples de quasars	103
4.1	Distribution cosmologique d'objets compacts	103
4.1.1	Introduction	103
4.1.2	Probabilité d'observation d'un mirage au sein du modèle ponctuel	104
4.1.3	Résultats et discussion	107
4.2	Contraintes sur les galaxies et la constante cosmologique	110
4.2.1	Introduction	110
4.2.2	Ajustement du modèle EIS aux mirages observés	111
4.2.3	Probabilités au sein du modèle EIS : méthodologie	119
4.2.3.1	La section efficace géométrique	119
4.2.3.2	Le biais en amplification "géométrique" et le facteur de correction	120
4.2.3.3	Comparaison des sections efficaces effectives	122
4.2.3.4	Probabilité de configuration angulaire	124
4.2.3.5	Probabilité d'observation de l'ellipticité	124
4.2.3.6	Probabilité d'observation du redshift de la lentille	125
4.2.4	Influence des paramètres astrophysiques et cosmologiques	126
4.2.4.1	Paramètres du modèle de déflecteur EIS	127
4.2.4.2	Paramètres de Schechter	128
4.2.4.3	Exposant de la relation de Faber-Jackson / Tully-Fisher	129
4.2.4.4	Paramètres cosmologiques	130
4.2.4.5	Fonction de comptage des QSOs	132
4.2.4.6	Extinction dans la lentille	134
4.2.4.7	Résumé	140
4.2.5	Analyse statistique des échantillons par maximum de vraisemblance	141
4.2.5.1	Principe du maximum de vraisemblance	141
4.2.5.2	Application aux échantillons	142
4.2.6	Résultats et discussion	147
4.2.6.1	Ellipticité des déflecteurs	147
4.2.6.2	Dispersion des vitesses et normalisation des galaxies E/SO	148
4.2.6.3	Paramètres cosmologiques	149
4.2.6.4	Paramètres de la fonction de comptage des quasars	155
4.2.7	Résumé et validité du modèle	156
4.3	Conclusions	162

5	Les associations angulaires entre quasars et galaxies	165
5.1	Introduction : les associations QSO-galaxies sont-elles réelles ?	165
5.2	Présentation de notre étude	168
5.3	Des lentilles gravitationnelles aux associations QSO-galaxies	169
5.3.1	Description des galaxies	169
5.3.2	Expression théorique de la surdensité des galaxies	171
5.3.3	Signatures théoriques du phénomène de lentille	173
5.3.3.1	Prédictions au sein du modèle SIS	173
5.3.3.2	Influence du noyau de cœur	177
5.3.3.3	Influence du phénomène de microlentille	179
5.3.3.4	Influence de la corrélation galaxie-galaxie	180
5.4	Le nombre minimum d'observations nécessaires	182
5.4.1	Introduction	183
5.4.2	Procédure	183
5.4.3	Analyse	183
5.5	Observations et résultats	186
5.5.1	Analyse d'images	186
5.5.2	Résultats observationnels	189
5.5.3	Intercomparaison générale observations-théorie	194
5.6	Observations automatisées et perspectives futures	197
5.7	Conclusions	199
6	DLAs, Ω_{HI} et lentilles gravitationnelles	201
6.1	Position du problème	201
6.2	Des DLAs à la détermination observationnelle de $\Omega_{\text{HI}}(z)$	202
6.2.1	Profils radiaux de la densité de colonne dans les galaxies spirales	202
6.2.2	Nombre de DLAs par unité de redshift	204
6.2.3	Distance d'absorption et distribution de la densité de colonne	205
6.2.4	Densité cosmologique d'hydrogène neutre Ω_{HI}	208
6.3	Probabilité d'observation d'un DLA	208
6.3.1	Probabilité sans effet de lentille gravitationnelle	209
6.3.2	Probabilité avec effet de lentille gravitationnelle	210
6.4	Prédictions théoriques	213
6.4.1	La distribution de la densité de colonne $f(N)$	213
6.4.2	Le nombre de DLAs par unité de redshift dN/dz	215
6.4.3	La densité cosmologique Ω_{HI}	216
6.4.4	La luminosité des galaxies responsables des DLAs	217
6.5	Traces observationnelles du phénomène de lentille	218
6.5.1	Surestimations observationnelles attendues de dN/dz et de Ω_{HI}	218
6.5.2	Y-a-t-il un biais détectable dans l'échantillon IUE ?	219
6.5.3	DLAs et images multiples	222
6.6	Conclusions	224
7	Conclusions	227

A	Distances dans un Univers homogène et isotrope	241
A.1	Introduction	241
A.2	Concepts de distance dans un Univers homogène isotrope	242
A.2.1	La métrique FLRW	242
A.2.2	Distances coordonnées	243
A.2.2.1	Distance comobile radiale	243
A.2.2.2	Composition des distances comobiles	244
A.2.2.3	Distance propre radiale	247
A.2.3	Distance lumière	247
A.2.4	Redshift	248
A.2.5	Distances déduites à partir de propriétés astrophysiques	249
A.2.5.1	Distance angulaire	249
A.2.5.2	Distance luminosité	252
A.2.5.3	Relations de réciprocité	253
A.2.5.4	Composition des distances colinéaires dans un Univers plat	255
A.3	Des équations du champ à l'équation de Lemaître	255
A.3.1	Équations du champ	255
A.3.2	Contenu matériel de l'Univers	256
A.3.3	Solution des équations du champ pour la métrique FLRW	257
A.4	Distances en fonction des grandeurs observables $z, H_o, \Omega_o, \lambda_o$	258
A.4.1	Nouvelle forme de l'équation de Lemaître	258
A.4.2	Trois remarques : $\Omega(z)$, le modèle vide et les modèles sans Big-Bang	260
A.4.3	Formulaire	263
A.4.3.1	Distance lumière $D_l(z)$ et look-back time $t(z)$	263
A.4.3.2	Distance comobile D_c ou χ	265
A.4.3.3	Distance propre D_p	268
A.4.3.4	Distance angulaire D_A	268
A.4.3.5	Distance luminosité D_L	271
A.5	Un Univers inhomogène	272
A.5.1	Inhomogénéités et distances (angulaires)	272
A.5.2	Modèles inhomogènes	272
A.5.3	Formules de la distance angulaire	273
A.5.4	Discussion : quel modèle adopter ?	277
A.6	Illustrations numériques	278
A.7	Transport d'un faisceau lumineux en Relativité Générale	279
A.7.1	Description d'un rayon lumineux : le quadri-vecteur d'ondes	279
A.7.2	Système de rayons et faisceau lumineux	281
A.7.3	Déformations de la section d'un faisceau lumineux	285
A.7.4	Transport du faisceau : équations de Sachs	286
A.7.5	Équation de focalisation et distance angulaire	289
B	Échantillons	293

Résumé

Notre travail forme un triptyque consacré à l'étude du phénomène de lentille gravitationnelle au sein d'échantillons de quasars très lumineux.

Le premier volet est dévolu à la détermination ou à la contrainte de certains paramètres astrophysiques et cosmologiques (tels que l'ellipticité et la dispersion des vitesses dans les galaxies-lentilles et la constante cosmologique), au moyen d'une analyse statistique par maximum de vraisemblance des images multiples présentes dans un échantillon de 1164 quasars très lumineux (Highly Luminous quasars, HLQs). Cette technique permet de prendre en compte simultanément leurs propriétés de configuration telles que le nombre d'images et leur séparation angulaire, la détection éventuelle de la lentille et de son redshift. L'information relative aux seules propriétés de configuration de mirages découverts par ailleurs est également retenue. Les déflecteurs sont modélisés par des ellipsoïdes isothermes singuliers (EIS), dont les paramètres sont ajustés pour reproduire les observations de mirages connus. Les biais observationnels tels que les biais de sélection instrumentaux et le biais en amplification sont soigneusement pris en compte dans le calcul de la probabilité d'observation d'un mirage. Les effets de l'extinction des quasars par de la poussière dans les galaxies-lentilles sont également étudiés. Le résultat principal réside dans la détermination d'une limite supérieure à la valeur de la constante cosmologique : $\lambda_0 (= \Lambda c^2/3H_0^2)$ doit être inférieure à 0,55 avec une degré de confiance de 95%. Les valeurs déterminées pour d'autres paramètres, tels que l'ellipticité et la dispersion des vitesses dans les galaxies-lentilles, sont entièrement compatibles avec celles publiées indépendamment dans la littérature. Cela témoigne de la cohérence des résultats. D'autre part, à l'aide du modèle de lentille ponctuelle et du même échantillon, nous déduisons que la densité cosmologique associée à une hypothétique population uniforme d'objets sombres et compacts est inférieure à 0,01 (avec un degré de certitude de 99,7%), si leur masse est comprise entre $10^{9,9}$ et $10^{12,1}$ masses solaires.

Le second volet traite des associations angulaires étroites (quelques secondes d'arc) entre des quasars situés à haut redshift et des galaxies d'avant-plan, dans le contexte du phénomène de lentille gravitationnelle. La corrélation observée s'explique alors par l'amplification de flux des quasars provoquée par les galaxies proches de leur ligne de visée. Nous montrons, en modélisant les galaxies par des sphères isothermes non singulières, dans quelles circonstances les associations quasar-galaxies sont les plus fortes et pourquoi les résultats observationnels publiés dans la littérature sont souvent discordants. Nous présentons également une nouvelle analyse de la présence du phénomène d'association dans un échantillon de 219 quasars brillants, dont une partie seulement avait déjà fait l'objet d'une étude (Van Drom et al. 1993). De la confrontation des surdensités observationnelles et des prédictions théoriques, il résulte un accord globalement satisfaisant, étant données les grandes barres d'erreur observationnelles. Quelques données individuelles sont cependant significativement

déviantes et devront être confirmées au sein d'un échantillon beaucoup plus vaste (environ 1500 HLQs) avant qu'une conclusion définitive puisse être tirée. Le nombre d'associations quasar-galaxies induites par le phénomène de lentille gravitationnelle est beaucoup moins sensible aux valeurs des paramètres astrophysiques et/ou cosmologiques que la statistique des images multiples de quasars.

Dans le troisième et dernier volet de notre travail, nous recherchons l'influence attendue du phénomène de lentille gravitationnelle sur la détermination de la densité cosmologique d'hydrogène neutre en fonction du redshift, $\Omega_{\text{HI}}(z)$, réalisée à partir de la détection d'absorptions Ly_α saturées (Damped Lyman alpha Absorptions, DLAs) dans le spectre des quasars. Les nuages responsables des DLAs sont en effet probablement associés à des galaxies spirales (Wolfe 1995) dont le halo peut engendrer des effets de lentille gravitationnelle. Le "phénomène de contournement" dû à la focalisation dévie la ligne de visée d'un quasar d'arrière-plan à l'extérieur de la région centrale du déflecteur, ce qui réduit la probabilité d'absorption. D'autre part, le phénomène de biais en amplification augmente la probabilité qu'un quasar brillant présente un DLA dans son spectre. Nous négligeons l'effet de microlentille et l'extinction due à la poussière éventuellement associée au DLA. Nous modélisons les halos de galaxies spirales par des sphères isothermes singulières et nous montrons que la compétition entre les deux effets contraires décrits ci-dessus entraîne dans les recensements de DLAs actuellement disponibles une surestimation prédite de Ω_{HI} négligeable à haut redshift ($z \sim 1,5$), et inférieure à 35% à plus faible redshift. Cependant, si les DLAs étaient recherchés autour d'un redshift de 0,5 et devant des quasars distants de magnitude bleue $b_q \sim 16$, l'excès attendu de DLAs impliquerait une surévaluation de Ω_{HI} de 170%. Nous vérifions ensuite la présence de traces du phénomène dans les échantillons actuellement disponibles. Le très petit nombre de DLAs détectés compromet la certitude statistique, mais la non-uniformité de leur répartition dans l'échantillon de DLAs à *faible* redshift va dans le sens attendu sous l'hypothèse de l'action du phénomène de lentille gravitationnelle. Enfin, nous estimons la probabilité de découvrir un mirage gravitationnel parmi des DLAs existants : elle peut s'élever à 30% pour certains objets.

Summary

This work consists of a triptych devoted to the study of gravitational lensing in bright quasar samples.

The first part concerns the determination or the constraint of some astrophysical and cosmological parameters (such as the ellipticity or velocity dispersion of the lensing galaxies and the cosmological constant), applying the maximum likelihood statistical analysis to an optical sample of 1164 highly luminous quasars (HLQs). This technique allows to make use of all the information available about a given multiply imaged QSO (number of images, angular separation, detection of the lens or of its redshift). The data concerning other gravitational lenses are also included, if the selection criteria are known. We model the deflector as a singular isothermal ellipsoid (SIE), whose parameters are tuned to reproduce the observations of the individual mirages. Observational biases, like instrumental angular selection function or the magnification bias, are properly taken into account in the computation of the lensing probability. The effects of possible extinction of the quasar image(s) by dust in the lens are also investigated. Our main result is a limit on the cosmological constant, $\lambda_0 < 0.55$, at the 95% confidence level ($\lambda_0 = \Lambda c^2/3H_0^2$). The determinations of other astrophysical parameters, such as the ellipticity or the velocity dispersion of the lensing galaxies, are in good agreement with the values independently published in the literature. Using the same optical sample and the Schwarzschild lens model, we also constrain the cosmological density of a uniform population of putative dark compact objects to be less than 1% in the mass range $10^{9.9} - 10^{12.1}$ solar masses, at a 99.7% confidence level.

In the second part, we investigate the close projected associations between high redshift QSOs and foreground galaxies. In the framework of gravitational lensing, the observed correlation is due to the flux amplification of background quasars by galaxies located close to their line-of-sight. Assuming the galaxies are well described by non singular isothermal spheres, we show under which circumstances the expected QSO-galaxy associations turn out to be the most important, how we should observe them and why published observational results are often discordant. We also present three bias-free samples consisting of 219 different HLQs. Only one of them had already been analysed before (Van Drom et al. 1993). The agreement between the published galaxy overdensities and the theoretical predictions is found to be satisfactory, given the large expected observational error bars. The confirmation of some significantly deviant data points (e.g. Webster & Hewett 1990) should be performed in a much larger and well defined sample of about 1500 HLQs ($M_V \sim -29$), before definite conclusions can be drawn. The QSO-galaxy associations induced by gravitational lensing are much less sensitive to cosmological or astrophysical parameters than the statistics of multiply-imaged HLQs.

In the last part of our study, we search for the influence of gravitational lensing on the determination of the cosmological density Ω_{HI} of neutral hydrogen, made from Damped Lyman alpha Absorptions (DLAs) surveys in quasar spectra. Indeed, the intergalactic clouds responsible for the DLAs are probably associated with spiral galaxies (Wolfe 1995). Gravitational lensing by the halo of spiral galaxies produces first a “by pass” effect, causing the lines-of-sight to background QSOs to avoid the central part of the galaxy disk and the optical depth of absorption to decrease, and secondly a magnification bias which increases the probability for a bright QSO to be lensed and therefore to exhibit a DLA in its spectrum. Neglecting extinction by dust and microlensing and assuming the halos are isothermal singular spheres, we show that the competition between the two opposite effects leads, in the present DLA samples, to an overestimation of Ω_{HI} that is negligible at high redshift ($z \sim 1.5$) and lower than 35% at lower redshifts. However, the expected overestimation of Ω_{HI} can be as large as 170% when DLAs are searched at $z \sim 0.5$ in the spectra of bright ($b_q \sim 16$) and distant ($z_s > 1$) quasars. We then check if presently available DLA samples are really affected by gravitational lensing. Despite the very small number statistics, we find some possible indications of the expected gravitational lensing effects in the low redshift sample. Finally, we estimate the probability that a QSO with a DLA is multiply imaged. It can be as high as 30% for some observed DLAs.

Listes des symboles et des abréviations

Symboles employés dans cet ouvrage

La liste ci-dessous reprend les symboles les plus fréquents. Les notations en gras représentent des vecteurs.

- A : amplification lumineuse.
- A_{μ} : amplification lumineuse par effet de microlentille.
- $A_{M\mu}$: amplification lumineuse provoquée par les effets conjugués d'un macro et d'un microdéflecteur.
- C_{sel} : complétude des mirages gravitationnels dans un échantillon de quasars.
- c : vitesse de la lumière.
- \mathbf{b} : paramètre d'impact du rayon lumineux dans le plan du déflecteur.
- b_o : distance caractéristique dans le plan du déflecteur (par exemple le rayon d'Einstein).
- b_c : rayon du noyau de cœur d'une galaxie.
- b_L : rayon optique d'une galaxie.
- b_q : magnitude bleue du quasar.
- b_s : magnitude du coude ou du seuil dans la description en double loi de puissance de la fonction $N_q(b_q)$.
- G : constante de la gravitation.
- H_o : constante de Hubble.
- L : luminosité (des galaxies).
- L_* : luminosité caractéristique de la distribution de Schechter.
- N ou N_{HI} : densité de colonne d'hydrogène neutre.
- $N_q(b_q)$: nombre de quasars de magnitude bleue b_q par degré carré sur le ciel et par intervalle de magnitude.
- M : masse ou magnitude absolue.
- M_* : magnitude absolue caractéristique de la distribution de Schechter.
- M_{\odot} : masse solaire.
- Mpc : mégaparsec = $3,26 \cdot 10^6$ années-lumières = $3,086 \cdot 10^{19}$ km.
- q : surdensité des galaxies.
- X : distance d'absorption.

- x : position normalisée dans le plan du déflecteur.
- y : position normalisée dans le plan de la source.
- z : redshift, *décalage vers le rouge des raies spectrales d'un objet astrophysique.*
- z_s : redshift de la source (éventuellement un quasar).
- α : angle de déflexion.
- α : exposant de la fonction de luminosité de Schechter ou de la fonction $N_q(b_q)$ pour $b_q < b_s$.
- β : exposant de la fonction $N_q(b_q)$ pour $b_q > b_s$.
- γ : cisaillement ou exposant de la relation de Tully-Fisher ou de Faber-Jackson.
- ϵ : ellipticité d'une galaxie.
- θ : position angulaire d'une image par rapport au déflecteur.
- θ_E : rayon angulaire d'Einstein.
- θ_s : position angulaire de la source par rapport au déflecteur.
- κ : densité surfacique normalisée.
- κ_* : densité surfacique normalisée de microdéflecteurs.
- Λ : constante cosmologique.
- λ_o : constante cosmologique normalisée.
- Σ : densité surfacique ou section efficace.
- σ : dispersion des vitesses dans une galaxie.
- σ_* : dispersion des vitesses dans une galaxie L_* .
- ϕ : potentiel gravitationnel ou fonction de luminosité.
- ϕ_* : normalisation de la distribution de Schechter.
- Φ : potentiel de Fermat.
- ψ : potentiel de déflexion.
- Ω_o : paramètre de densité cosmologique global et actuel de l'Univers.
- Ω_B : paramètre de densité cosmologique associé à la matière baryonique.
- Ω_{HI} : paramètre de densité cosmologique associé à l'hydrogène neutre.
- Ω_L : paramètre de densité cosmologique associé à des objets compacts, pouvant jouer le rôle de lentille gravitationnelle.
- Ω_{Lum} : paramètre de densité cosmologique associé à la matière lumineuse.

Abréviations fréquentes

- CCD : Charge-Coupled Device, *détecteur à transfert de charges.*
- CDM : Cold Dark Matter, *modèle de formation des grandes structures avec existence de matière sombre froide.*
- CFHT : Canada-France-Hawaiï Telescope, *télescope Canada-France-Hawaiï, situé à Hawaiï.*

- DLA : Damped Lyman alpha Absorption, *absorption Lyman alpha saturée*.
- EIS : Ellipsoïde Isotherme Singulier (modèle de galaxie).
- ESO : European Southern Observatory, *observatoire européen austral*.
- FSA : Fonction de Sélection Angulaire.
- FWHM : Full Width at Half Maximum, *largeur à mi-hauteur de la fonction d'étalement du point ; elle décrit la qualité d'image ("seeing")*.
- HES : Hamburg/ESO Survey.
- HDM : Hot Dark Matter, *modèle de formation des grandes structures avec existence de matière sombre "chaude" ou relativiste*.
- HLQ : Highly Luminous Quasar, *quasar intrinsèquement très lumineux*.
- HST : Hubble Space Telescope, *télescope spatial de Hubble*.
- LMT : Liquid Mirror Telescope, *télescope à miroir liquide*.
- NOT : Nordic Optical Telescope, *télescope optique nordique, situé à La Palma, Canaries*.
- PPV : Plus Proche Voisin.
- PSF : Point Spread Function, *fonction d'étalement du point*.
- QSO : Quasi Stellar Object, *objet quasi stellaire = quasar*.
- SDSS : Sloan Digital Sky Survey.
- SIS : Sphère Isotherme Singulière (modèle de galaxie).
- SINS : Sphère Isotherme Non Singulière (modèle de galaxie).
- S/N : Signal/Noise, *rapport signal-sur-bruit*.