

Cosmologie

Julieta Fierro, Beatriz García, Susana Deustua

International Astronomical Union, Universidad Nacional Autónoma de México (México DF, México), National Technological University (Mendoza, Argentina), Space Telescope Science Institute (Baltimore, United States)

Résumé

Bien que chaque corps céleste ait son propre charme, la compréhension de l'évolution de l'univers est un sujet fascinant lui-même. Même si nous sommes ancrés dans le voisinage de la Terre, c'est captivant pour comprendre que nous pouvons en savoir plus sur l'Univers.

Au XIXe siècle, l'astronomie s'est concentrée sur le catalogage des propriétés des objets célestes individuelles: planètes, étoiles, nébuleuses et galaxies. À la fin du XXe siècle, cependant, l'attention a changé pour comprendre les catégories d'objets: les étoiles, les galaxies et la structure de l'Univers. Nous savons maintenant quel est l'âge et l'histoire de l'univers et nous connaissons que l'expansion s'accélère, mais nous ne savons toujours pas quelle est la nature de la matière noire. De nouvelles découvertes continuent d'être faites.

Nous allons d'abord décrire quelques propriétés des galaxies. Plus tard, nous aborderons ce que l'on appelle le modèle standard ou Big Bang, et quelles sont les preuves qui soutiennent ce modèle.

Objectifs

- Comprendre comment l'Univers a évolué depuis le Big Bang jusqu'à aujourd'hui.
- Savoir comment sont organisées la matière et l'énergie dans l'Univers.
- Analyser comment les astronomes apprennent l'histoire de l'Univers.

Galaxies

Les galaxies se composent d'étoiles, de gaz, de la poussière et de matière noire peut être très vaste, avec plus de 300 000 années-lumière à travers. La galaxie dont le soleil contient cent milliards (100 000 000 000) étoiles. Dans l'univers il y a des milliards de ces galaxies.

Notre galaxie est une grande galaxie spirale, similaire au galaxie d'Andromède qui est dans l'image. Au Soleil il prend 200 millions d'années à tourner autour du centre, se déplaçant à 250 kilomètres par seconde. Étant donné que notre système solaire fait partie d'un disque de la galaxie, nous ne pouvons pas voir toute la galaxie; Il est comme essayer de peindre une forêt quand nous sommes au milieu de celui-ci.

Notre galaxie est appelée la Voie Lactée. À l'œil nu de la Terre, nous pouvons voir beaucoup d'étoiles individuelles et une bande élargie composée d'un grand nombre d'étoiles et des nuages interstellaires composé de gaz et de poussières. La structure de notre galaxie a été découverte après observations avec des télescopes optiques, radiotélescopes et l'observation d'autres galaxies. (Si vous ne disposez pas des miroirs, on peut imaginer comment les autres à regarder le spectacle). Nous utilisons les ondes radio qu'ils passent à travers les nuages qui sont opaques pour la lumière, comme on peut utiliser un téléphone mobile à l'intérieur d'un bâtiment.



Fig. 1a: Galaxie d'Andromède. Galaxie spirale très semblable à la nôtre la voie lactée. Le Soleil est au bord extérieur d'un des bras de notre galaxie. (Photo: Bill Schoening, programme Vanessa Harvey / REU / NOAO / AURA / NSF) .Fig.1b: Grand nuage de Magellan. Galaxie irrégulière satellite de la Voie Lactée qui peut être observée à l'oeil nu depuis l'hémisphère sud. (Photo: ESA et Eckhard Slawik).

Nous classons les galaxies en trois catégories. Les galaxies irrégulières, sont les plus petites, mais plus nombreux, sont généralement riches en poussière et elles sont en même temps des pépinières de nouvelles étoiles. Beaucoup de ces galaxies sont des satellites d'autres galaxies. La Voie Lactée possède 30 galaxies satellites les premières qui ont été découvertes sont les nuages de Magellan, observables depuis l'hémisphère sud.

Les galaxies spirales, comme la nôtre, ont généralement deux spirales torsadées autour de la partie centrale, appelée noyau. Ces galaxies ont tendance à avoir un trou noir au centre avec une masse des millions de fois plus grande que le Soleil. De nouvelles étoiles sont nées surtout dans les bras des galaxies parce que la densité plus élevée de la matière interstellaire, peut entraîner par rétrécir, la naissance des étoiles.

Quand un trou noir dans le noyau galactique attire des nuages de gaz ou des'étoile, le matériau est chauffé avant la chute dans le trou noir et une partie de celui-ci sous la forme de jets incandescents se déplace à travers l'espace, chauffer l'espace intergalactique. On parle de noyaux galactiques actifs, un grand nombre de galaxies spirales ayant de tels noyaux.

Les plus grandes galaxies sont elliptiques (bien qu'il y ait de petites galaxies elliptiques). On croit que ceux-ci, comme les galaxies spirales géantes, sont formés lorsque de plus petites galaxies fusionnent. Certains arguments en faveur de cette hypothèse vient de la diversité des âges et des compositions chimiques des différents groupes d'étoiles dans la galaxie combinée.

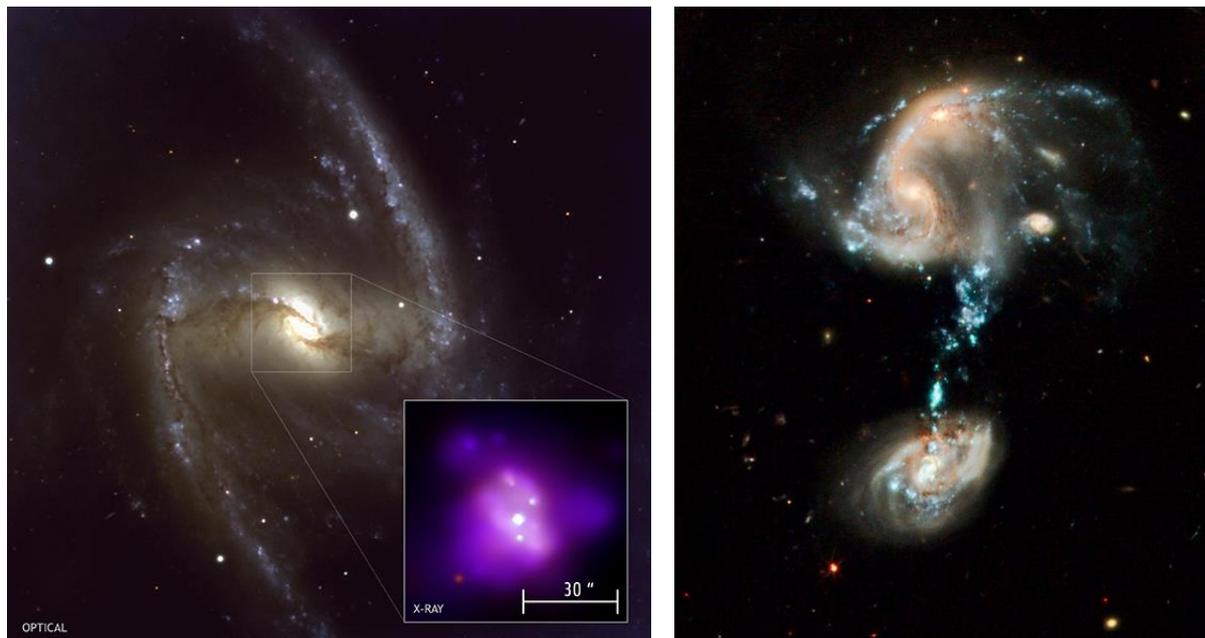


Fig. 2a: Image optique de la galaxie NGC 1365 prise par les instruments du VLT (l'ESO) et image de Chandra du matériau radiographique proche du trou noir central. (Photo: NASA, ESA, la collaboration Hubble Heritage (STScI / AURA) -ESA / Hubble, et A. Evans). Fig. 2b: Arp 194 - un système de deux galaxies interagissant dans un processus très spectaculaire. Les noyaux fusionnent, et une queue bleue est libérée (crédit: NASE, ESA et l'équipe patrimoniale hubble (STScI))

Les galaxies forment essaims de galaxies avec des milliers de composants. Les galaxies elliptiques géantes sont généralement dans les centres des essaims et ont parfois deux centres en raison de la combinaison récente de deux galaxies.

Amas et super-amas de galaxies sont distribués dans l'Univers dans des structures filamenteuses qui entourent les vastes régions dépourvues de galaxies. C'est comme si l'Univers à grande échelle est un bain de bulles où les galaxies sont sur les surfaces des bulles.



Fig. 3: Abell 2218 amas de galaxies. Les arcs peuvent être vus, causés par un effet de lentilles gravitationnelles. (Photo: NASA, ESA, Richard Ellis (Caltech) et Jean-Paul Kneib (Observatoire Midi-Pyrénées, France)).

Cosmologie

Nous décrivons certaines propriétés de l'Univers dans lequel nous vivons. L'Univers est composé de matière, de l'énergie et de l'espace et évolue au fil du temps. Ses dimensions temporelles et spatiales sont beaucoup plus grandes que ce que nous utilisons dans la vie quotidienne.

Cosmologie tente de répondre à des questions fondamentales sur l'Univers: D'où nous venons? Quel est l'avenir de l'Univers? Quelle est notre place dans cet Univers? Quel est l'âge de l'univers?

Il est intéressant de noter que la science évolue. Plus nous en savons, plus nous nous rendons compte à que nous savons moins. Une carte est utile même si elle est seulement une représentation d'un lieu, comme par la science, nous avons une représentation de la nature, nous pouvons voir certains aspects de celle-ci et d'anticiper les événements, toutes basées sur des hypothèses raisonnables à confirmer des mesures et des données d'observation.

Les dimensions de l'Univers

Les distances entre les étoiles sont énormes. La Terre est à 150 millions de kilomètres distance du Soleil, Pluton est 40 fois plus loin. L'étoile la plus proche est 280.000 fois plus loin et la galaxie la plus proche est de 10 milliards de fois plus. La structure des galaxies filamentaire est de 10000000000000 fois (un suivi de 12 zéros) supérieure à la distance de la Terre au Soleil.

L'âge de L'Univers

Notre Univers est né il y a 13,7 milliards (13 700 000 000) d'années. Le système solaire était formé beaucoup plus tard, maintenant 4,6 milliards (4,600,000,000) ans. La vie sur Terre est apparue 3,8 milliards (3 800 000 000) d'années, et l'extinction des dinosaures est survenue il y a 65 millions d'années. Les gens modernes sont apparus il y a environ 150 000 ans.

Nous avons des raisons rationnelles de croire que notre Univers a pris naissance dans le temps parce que nous remarquons qu'il se développe rapidement. Cela signifie que toutes les galaxies se déplacent l'une par rapport à l'autre, et plus la distance est longue, plus le mouvement est rapide. Si nous avons mesuré le taux d'expansion, nous pourrions estimer quand ils avaient la même position dans l'espace. Par calcul, nous obtenons 13,7 milliards d'années. Cet âge ne contredit pas l'évolution stellaire, parce que nous n'observerons pas des étoiles ou des galaxies de plus de 13,5 milliards d'années. L'événement à partir duquel l'expansion de l'univers a commencé est connu comme le Big Bang.

La mesure de la vitesse

Nous pouvons mesurer la vitesse d'une étoile ou d'une galaxie en utilisant l'effet Doppler. Dans la vie quotidienne nous expérimentons l'effet Doppler lorsque nous entendons le changement de ton des sirènes d'ambulances ou de la police en approchant ou en s'éloignant. Une expérience simple est de placer un réveil dans un sac avec de longues poignées. Si quelqu'un roule le sac sur sa tête, nous pouvons sentir le changement de ton quand l'horloge pointe vers nous ou s'éloigne par nous. La vitesse d'horloge peut être calculée en écoutant le changement de ton qui est d'autant plus que la vitesse est plus élevée.

La lumière émise par les objets célestes subit un changement dans la fréquence ou la couleur qui peut être mesuré par la vitesse à laquelle ils s'approchent ou sont enlevés. La longueur d'onde augmente (passe au rouge) si la distance augmente ou baisse (passe au bleu) si l'objet céleste s'approche.

Quand l'Univers était plus compact, les ondes sonores qui le traversaient étaient produites dans des régions avec une densité plus élevée ou plus faible. Les essaims super galactiques ont été formés là-bas où la densité de la matière était plus élevée. Comme l'Univers se dilate, l'espace entre les régions à haute densité ont augmenté en taille et en volume. La structure filamentaire de l'Univers est une conséquence de son expansion.

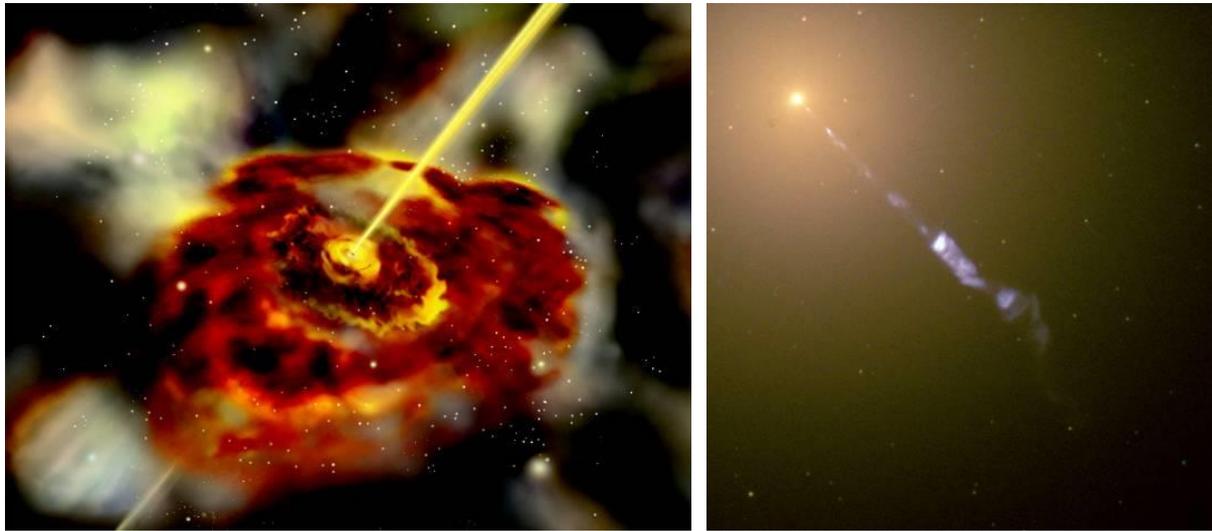


Fig. 4a: Illustration artistique d'un trou noir au centre d'une galaxie. (Photo: NASA E / PO - Sonoma State Univ.). Fig 4b: Galaxy M87, un exemple de vraie galaxie un jet. (Photo: NASA et Hubble Heritage Team).

Les ondes sonores

Le son peut traverser des environnements comme l'air, l'eau ou le bois. Lorsque nous produisons un son, nous générons une onde qui comprime le matériau qui l'entoure. Ces ondes traversent l'environnement à l'intérieur de notre oreille et compriment le tympan qui envoie le son aux cellules nerveuses sensibles à ces excitations. Nous ne pouvons pas entendre les jets de soleil ou les tempêtes sur Jupiter, car l'espace entre les corps célestes est pratiquement vide et les ondes sonores ne peuvent pas se propager en l'absence d'un environnement matériel.

Il est à noter qu'il n'y a pas de centre de l'expansion de l'Univers. En utilisant une analogie bidimensionnelle, nous pouvons imaginer que nous sommes à Paris au siège de l'UNESCO et que la Terre est en expansion. Nous pouvons remarquer que toutes les villes se déplacent et nous n'avons aucune raison de dire que nous sommes au centre de l'expansion, parce que tous les autres habitants observeraient la même chose.

Toutes les informations provenant du cosmos nous parviennent depuis longtemps, alors nous voyons les étoiles telles qu'elles étaient dans le passé, pas comme elles le sont aujourd'hui. Il y a des objets à une telle distance que la lumière qu'ils émettent n'est pas encore arrivée à nous donc nous ne pouvons pas encore les voir. Cela ne signifie pas qu'ils ne sont pas là, mais qu'ils se sont simplement formés après que le rayonnement de cette région du ciel a commencé venir chez nous

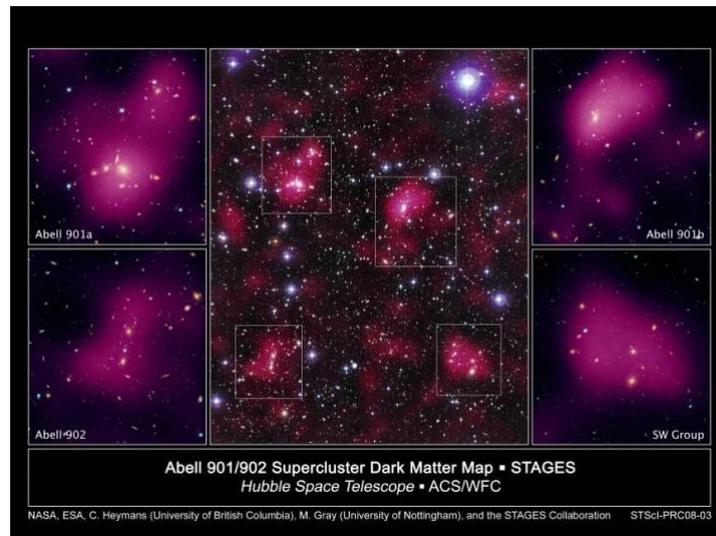


Fig. 5: À ce jour, plus de 300 nuages de poussières et de gaz sombres et denses ont été localisés, où des processus de formation d'étoiles se produisent. Super Cluster Abell 90/902. (Photo: télescope spatial Hubble, NASA, ESA, C. Heymans (Université de la Colombie-Britannique) et M. Gray (Université de Nottingham)).

Le fait que la vitesse de la lumière soit finie a des implications en astronomie. Les distorsions de l'espace affectent la trajectoire de la lumière, donc si nous voyons une galaxie dans un endroit particulier, elle ne peut plus être là, car la courbure de l'espace a changé. De plus, une étoile n'est plus là où elle est observée car elle bouge. Je ne la vois plus maintenant. Nous verrons toujours les objets célestes tels qu'ils étaient, et plus ils sont éloignés, plus nous les voyons après un temps plus long. Donc, analyser des objets similaires à des distances différentes est équivalent à voir le même objet à différents moments de son évolution. En d'autres termes, nous pouvons voir l'histoire des étoiles si nous observons des types similaires à différentes distances.

Nous ne pouvons pas voir le bord de l'Univers, parce que la lumière n'a pas eu le temps d'atteindre la Terre. Notre Univers est de taille infinie, mais nous ne voyons qu'une section à part avec le rayonnement de 13,7 milliards d'années-lumière, parce que la lumière a eu le temps de nous atteindre du Big Bang. Une source émet de la lumière dans toutes les directions, donc dans les différentes régions de l'Univers, nous pouvons la voir à différents moments de son existence. Nous voyons tous les objets célestes tels qu'ils étaient quand ils ont émis la lumière que nous voyons maintenant, parce qu'elle doit passer un temps fini jusqu'à ce qu'elle nous arrive. Cela ne signifie pas que nous avons une position privilégiée dans l'Univers, tout observateur dans une autre galaxie peut voir quelque chose d'équivalent à ce que nous détectons.

Comme dans toutes les sciences, dans l'astronomie et l'astrophysique, plus nous en savons sur notre Univers, plus des questions sont ouvertes. Ensuite, nous discuterons de la matière sombre et de l'énergie sombre pour avoir une idée de la façon dont nous ne savons tout de l'Univers.

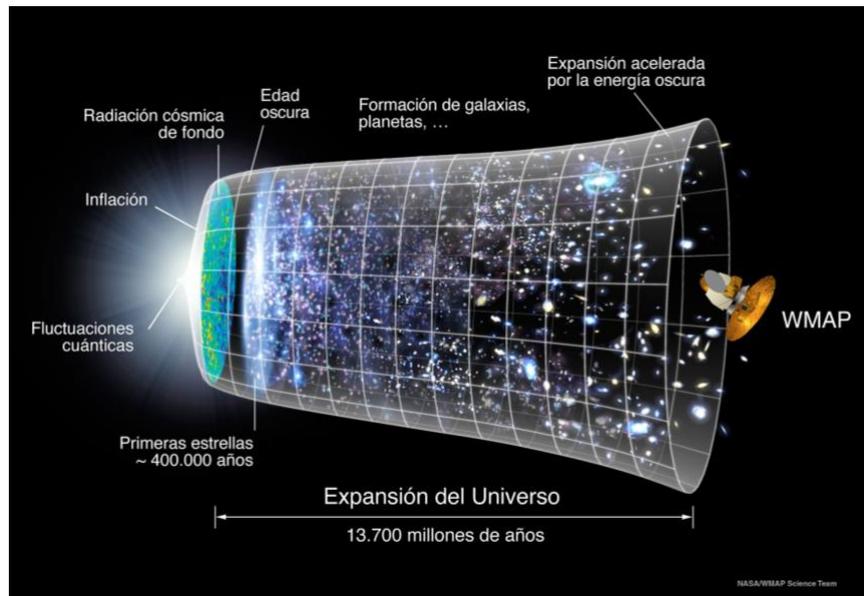


Fig. 6: Expansion de l'Univers. (Photo: NASA).

La matière sombre (ou noire) n'interagit pas avec le rayonnement électromagnétique, c'est-à-dire qu'elle n'absorbe ni émet pas d'énergie. La matière typique, comme dans les étoiles, peut produire de la lumière ou l'absorber, comme c'est le cas avec les nuages de poussière interstellaires. La matière sombre n'interagit pas avec aucun rayonnement, mais a une masse et exerce donc une attraction gravitationnelle.

Elle a été découverte par ses effets sur le mouvement de la matière visible. Par exemple, si une galaxie se déplace autour d'un espace apparemment vide, nous sommes sûrs que quelque chose l'attire. Tout comme le système solaire est maintenu ensemble en raison de l'attraction gravitationnelle du Soleil qui maintient les planètes dans leurs orbites, la galaxie en question a une certaine orbite parce que quelque chose l'attire. Nous savons maintenant que la matière sombre est présente dans les galaxies individuelles, dans les essaims galactiques, et semble être la base de la structure filamenteuse de la structure de l'Univers. En d'autres termes, la matière noire est le type de matière le plus commun dans l'Univers.

Nous savons aussi maintenant que l'expansion de l'Univers est accélérée. Cela signifie qu'il existe une force qui contrecarre les effets de la gravité. L'énergie sombre est le nom que les astronomes ont donné à ce phénomène récemment découvert. En l'absence d'énergie noire, l'expansion de l'Univers ralentirait.

Selon notre connaissance, le contenu d'énergie de l'Univers est de 74 pour cent de l'énergie sombre, la matière noire est de 22 pour cent et seulement 4 pour cent correspondent à la matière normale (ce qui correspond à toutes les galaxies, les étoiles, les planètes, etc.). En substance, la nature et les propriétés de 96 pour cent de l'Univers restent à être découverts.

L'avenir de notre univers dépend du rapport entre la matière visible, d'une part et de la matière et l'énergie sombre, d'autre part. Avant la découverte de la matière noire et de l'énergie on a pensé que l'expansion s'arrêterait et la gravité va inverser l'expansion avec la contraction, ce qui

conduira à un Big Crunch, tout reviendra à un seul point. Mais une fois l'existence de la matière noire établie, la théorie a été changée. Maintenant, l'expansion atteindra une valeur constante dans un temps infini. Connaissant l'existence de l'énergie sombre, nous nous attendons au futur à une expansion accélérée et l'Univers va augmenter en volume. La fin de l'Univers est très froide, très sombre et infinie au fil du temps.

Bibliographie

- Greene, B., *The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality* (2006)/*El tejido del cosmos* (2010)
- Fierro, J., *La Astronomía de México*, Lectorum, México, 2001.
- Fierro, J, Montoya, L., *La esfera celeste en una pecera*, El Correo del Maestro, México, 2000.
- Fierro J, Domínguez, H, *Albert Einstein: un científico de nuestro tiempo*, Lectorum, México, 2005.
- Fierro J, Domínguez, H, *La luz de las estrellas*, Lectorum, El Correo del Maestro, México, 2006.
- Fierro J, Sánchez Valenzuela, A, *Cartas Astrales, Un romance científico del tercer tipo*, Alfaguara, 2006.
- Thuan, Trinh Xuan, *El destino del universo: Despues del big bang* (Biblioteca ilustrada)(2012) / *The Changing Universe: Big Bang and After* (New Horizons) (1993)
- Weinberg, Steven, *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe* . Weinberg, Steven y Nestor Miguez, *Los tres primeros minutos del universo* (2009)

Sources Internet

- The Universe Adventure <http://www.universeadventure.org/> or <http://www.cpepweb.org>
- Ned Wright's Cosmology Tutorial (in English, French and Italian) <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm>