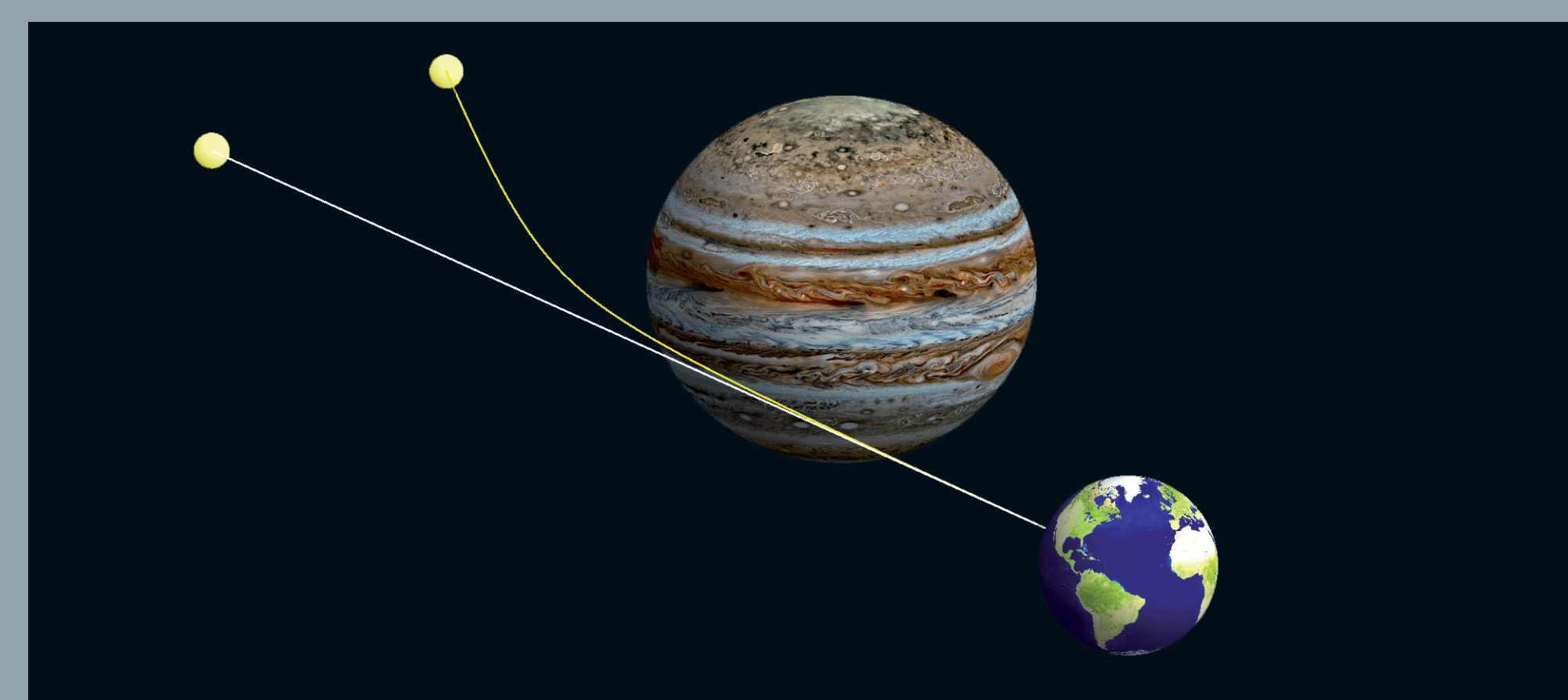




Il·lustració de la desviació de la llum de les estrelles deguda a la presència de planetes. (ICCUB)

Desviació de la llum

Segons la **relativitat general**, la llum es desvia quan es propaga en un espai-temps deformat per la presència de cossos molt massius, com ara estrelles, planetes o galàxies. Aquest fenomen provoca distorsions òptiques estranyes.



Òrbites dels satèl·lits GPS (NOAA)

Aplicacions a la vida quotidiana

El sistema GPS s'utilitza per determinar la nostra posició. Es basa en l'intercanvi de senyals entre satèl·lits que orbiten la Terra i un receptor (p. ex., un telèfon mòbil).

La **relativitat general** prediu que els rellotges dels satèl·lits van més de pressa que els rellotges a la Terra —s'avancen uns 25 ns cada minut. Si no ho tinguéssim en compte, al cap de només 2 h el GPS ens donaria la nostra posició amb un error d'1 km.

Relativitat general



La teoria de Newton explica la gravetat com una força atractiva entre objectes. Encara que aquesta teoria descriu molt bé el nostre dia a dia, falla quan la gravetat és molt forta o quan les velocitats s'acosten a la velocitat de la llum $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$.

La relativitat general descriu bé el que passa en aquestes situacions. Combina l'espai i el temps en un únic concepte anomenat *espai-temps*, en el qual és impossible viatjar més de pressa que la llum.

La matèria, com els planetes, les estrelles i les galàxies, corba l'espai-temps com es mostra a la imatge del fons. Així mateix, l'espai-temps deformat controla com tot s'hi mou.

La teoria de la relativitat general, que va complir cent anys el 2015, l'han posat a prova i l'han confirmat molts experiments i observacions astrofísiques.

Fins i tot prediu que la gravetat no és sempre atractiva. L'energia fosca, per exemple, produeix una repulsió que fa que l'expansió de l'univers s'acceleri cada vegada més.

Efectes de la gravetat a l'espai-temps. (ICCUB, imatge de fons [NASA; ESA; G. Illingworth, D. Magee i P. Oesch [UC Santa Cruz]; R. Bouwens [Leiden U.], i l'equip HUDF09], planetes [CC])

1915

Einstein publica la teoria de la relativitat general.

1919

Durant un eclipsi solar, Eddington confirma que la llum es desvia tal com ho va predir Einstein.

1959

Pound i Rebka confirmen que la gravetat estira les ones de la llum i la torna rogenca.

1968

Shapiro envia ones de ràdio que es reflecteixen en Mercuri i Venus i confirma que s'endarrereixen en passar a prop d'objectes molt massius.

1973

Neix el projecte GPS als Estats Units.

1976

La *Gravity Probe A* de la NASA confirma que el temps va més a poc a poc allà on la gravetat és més forta.

2011

La *Gravity Probe B* confirma que la rotació de la Terra arrossega l'espai-temps al seu voltant.

