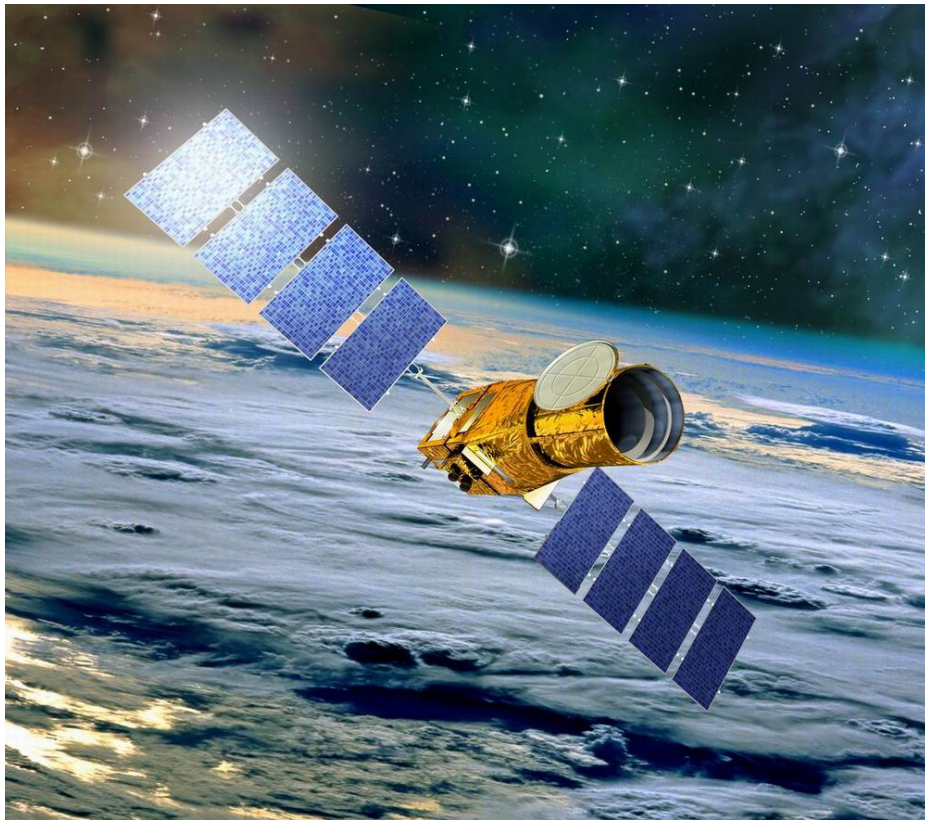


COROT: Stjernernes musik og planeternes dans

Af Hans Kjeldsen, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

COROT-satellitten skal fra december 2006 både "se" ind i stjernerne og samtidigt finde planeter i kredsløb omkring fremmede stjerner. COROT er et fransk rumprojekt, men gennem ESA er der etableret en samarbejdsaftale, som bl.a. tillader danske forskere at tage del i dette fascinerende projekt.



© CNES - Mai 2004/Illus. D. Ducros

Billede: CNES/COROT

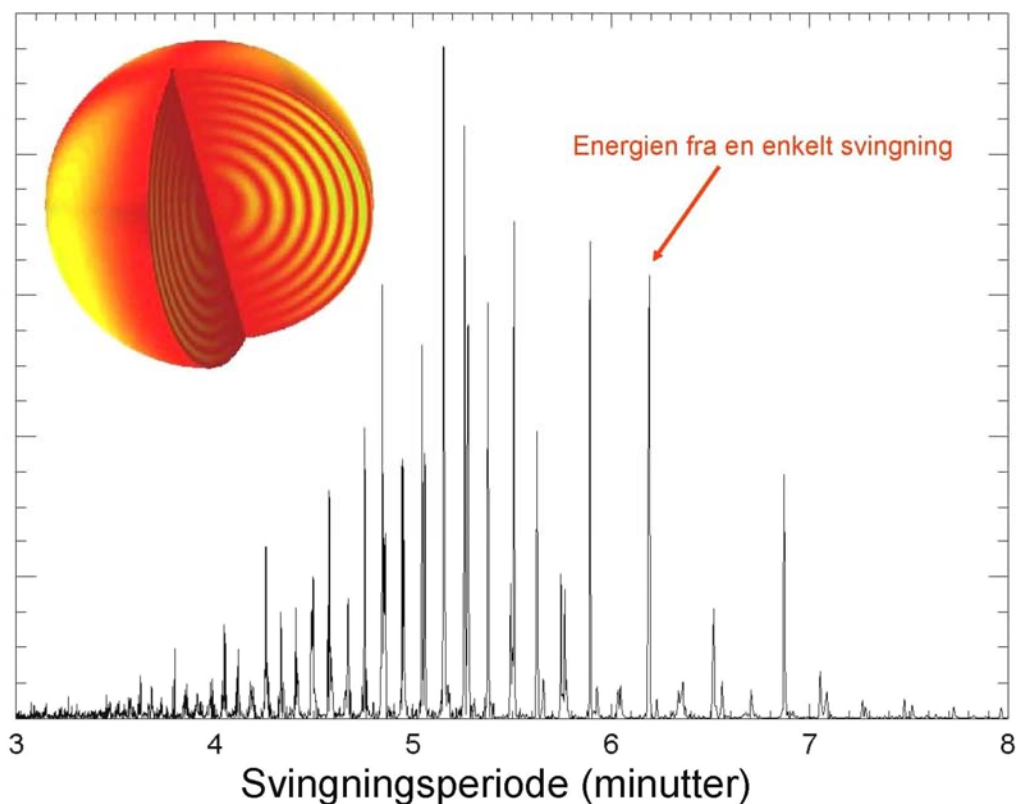
Den 27. december 2006 vil en Soyuz-raket (Sojus) bringe en ny videnskabelig satellit i kredsløb om Jorden (banehøjden bliver 850 km). Opsendelsen vil finde sted fra rampe 31 på Baikonur Kosmodromen i Kazakhstan. Satellitten, som bærer navnet COROT, er bygget af CNES i Frankrig med delvis hjælp fra ESA og en række af ESA's medlemslande, heriblandt forskere fra Aarhus Universitet.

Satellittens nyttelast består af et vidvinkelteleskop med en diameter på 27 cm. I teleskopets fokus er anbragt et følsomt CCD-kamera, som med meget høj præcision er i stand til at måle lysstyrken af et stort antal stjerner. COROT bliver herved i stand til at undersøge variationer i stjernernes lysstyrke til en præcision, som overgår alt, hvad man

hidtil har præsteret fra Jordens overflade og fra satellitter i rummet. Selve teleskopet og dets instrument er konstrueret, så det på samme tid kan arbejde på to uafhængige videnskabelige programmer.

Seismologi på stjernerne

Det ene program går ud på at måle mikroskopiske variationer i lysstyrken for et antal klare stjerner. Ved at lade teleskopet være ude af fokus kan man måle meget præcise lysstyrker og samtidigt undgå at overbelyse det lysfølsomme CCD-kamera. Man vil derfor være i stand til at måle variationer i lysstyrken, som udgør nogle få milliontedele af stjernernes lysstyrke, hvorved man f.eks. vil kunne registrere svingninger og skælv på stjernernes overflader. Det er målet med dette forskningsprogram at benytte disse svingninger og skælv til at foretage en seismologisk undersøgelse af stjernernes indre. Da de seismiske svingninger fremkommer på grund af lydbølger i stjernens indre, kan man godt sige, at COROT skal lytte til stjernernes musik og via tonerne i denne "musik" bestemme, hvordan stjernernes indre er opbygget.



Svingningsspektrum for Solen. Hver af de angivne toppe (peaks) angiver en periode (frekvens,) hvori Solen svinger. Det er tilsvarende svingningsspektre COROT skal måle for andre stjerner. Indsat er et eksempel på en af de svingninger (toner), som Solen udfører. Billede: Aarhus Universitet, Institut for Fysik og Astronomi

Detektion af planeter

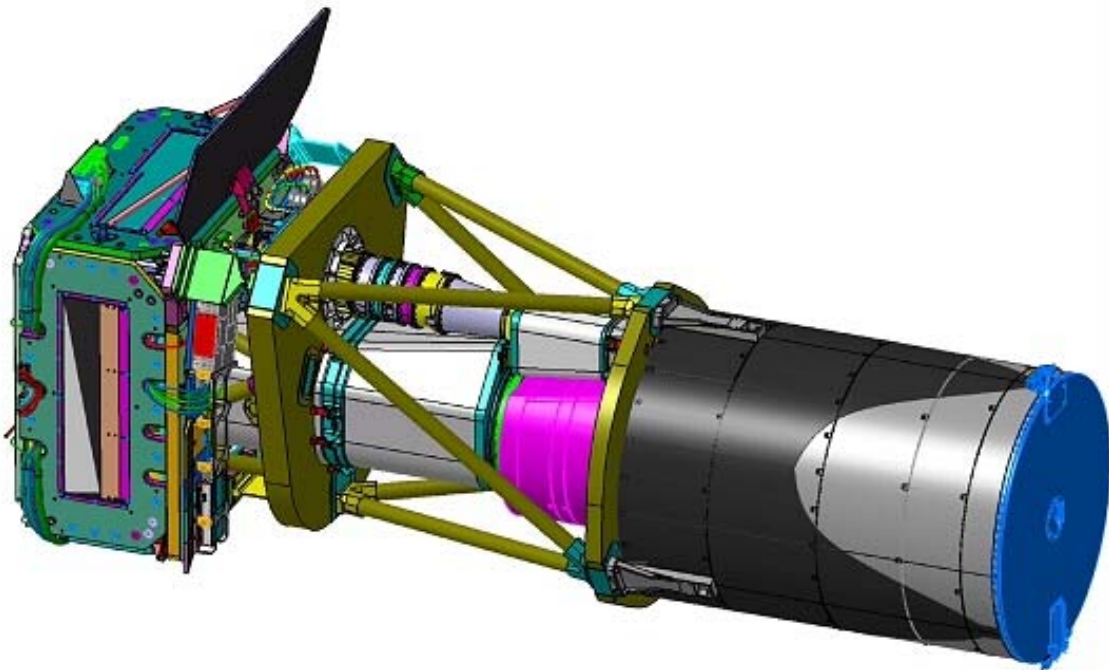
Det andet videnskabelige program går ud på at overvåge mange tusinde stjerners lysstyrke simultant og på baggrund af disse målinger lede efter stjerner, hvor lyset kortvarigt (i nogle timer) svækkes en smule, som følge af en planetpassage foran stjernen. Ved denne metode vil COROT formentlig finde et meget stort antal planeter i kredsløb omkring andre stjerner – altså planeter, som ”danser” rundt om deres moderstjerne. Da COROT kan måle stjernernes lysstyrke meget præcist, vil missionen være i stand til at finde planeter, som har en meget lille udstrækning, og som derfor kun afstedkommer et minimalt dyk i stjernernes lysstyrke. Man regner med, at COROT vil kunne finde planeter, som har en størrelse mellem Jordens diameter og diameteren af Uranus. Vi kender allerede i dag ca. 140 planeter i kredsløb omkring fremmede stjerner. Stort set alle disse planeter er opdaget ved at registrere planeternes tyngdekraft via deres påvirkning af den stjerne, de omkredser. Denne metode er kun velegnet til detektion af tunge planeter (på størrelse med Jupiter og Saturn i vort eget Solsystem), og derfor ved vi stadig meget lidt, om hvor mange planeter af Jordens størrelse, der findes i kredsløb omkring Mælkevejens stjerner. COROT vil derfor åbne et helt nyt forskningsområde, og vi vil med COROT komme nærmere svaret på et af de mest fundamentale spørgsmål i astronomien. Findes der andre planeter som Jorden i Universet?

COROT kan ”se” ind i stjernerne

Ved direkte målinger har vi kun mulighed for at studere stjernernes overflade. Imidlertid kan vi ved anvendelse af seismologi få endog meget detaljerede målinger af de fysiske forhold langt under overfladen på stjernerne og Solen. Seismiske studier af stjernernes og Solens indre bygger på observationer af soloverfladens bevægelse – det har bl.a. vist sig, at Solen svinger. Seismiske studier har været udført på Solen de sidste 30 år, og hele den disciplin, som er opbygget omkring udnyttelsen af solsvingninger, kaldes for Helioseismologi. I de seneste 20 år har forskergrupper i flere lande (heriblandt forskere fra Aarhus Universitet) søgt efter tilsvarende svingninger i stjernerne med det håb at udføre undersøgelser af stjernerne på samme måde, som det er sket på Solen. Denne nye disciplin, som er kaldt asteroseismologi, har lidt under mangel på data (specielt for soltypestjerner), et forhold som bunder i, at stjernesvingningerne kun udviser en meget lille amplitude og derfor er særdeles vanskelige at detektere. Dette vil COROT komme til at ændre radikalt. Målenøjagtigheden for COROT er så høj, at satellitten vil kunne levere seismiske signaler, som vil bringe os et stort skridt videre i arbejdet på at besvare nogle af flg. spørgsmål:

1. Hvor gammel er de forskellige stjerner? Hvad er alderen på de ældste stjerner, og hvornår blev vores galakse *Mælkevejen* egentlig dannet?
2. Hvordan udvikler vores egen stjerne Solen sig sammenlignet med andre stjerner? Er Solen en typisk stjerne; og kan vi forvente, at Solens energiproduktion vil være konstant på såvel kort som lang sigt?

3. Hvordan er de detaljerede forhold i det indre af stjernerne? Er der fysiske love og sammenhænge, som vi i dag ikke har kendskab til, men som har betydning for stjernerne og Solen?
4. Hvordan er andre stjerner opbygget? Hvordan roterer de, både i kernen og på overfladen? Hvordan strømmer stoffet rundt i stjernernes indre, og i hvor høj grad sker der diffusion af tunge grundstoffer i stjernernes indre?



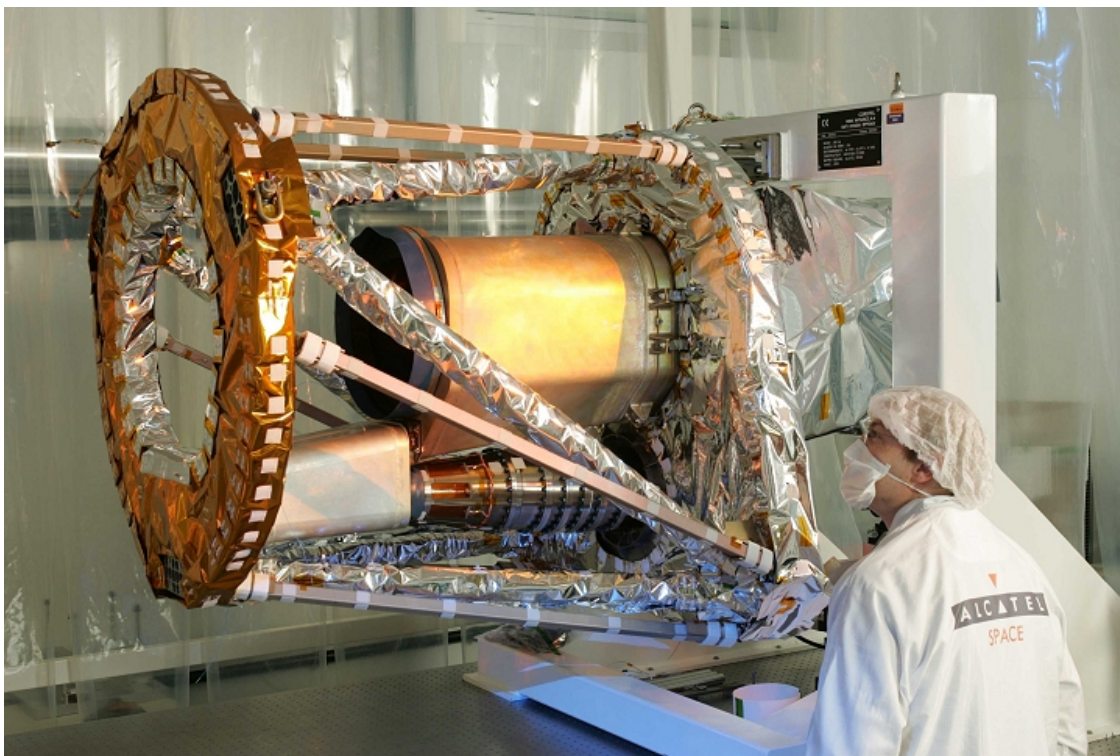
Opbygningen af COROT satellitten. Satellitten er udstyret med et off-axis teleskop med en diameter på 27 cm. Til højre ses teleskopets såkaldte baffle som skal sikre at de lysfølsomme CCD-kameraer i teleskopets fokus ikke påvirkes af forstyrrende lys. Til venstre ses satellittens platform (PROTEUS). Billede: CNES/COROT

Observationsteknikken for COROT

At COROT har to videnskabelige mål – stjerneseismologi og detektion af planeter - er ikke tilfældigt. De målinger som er nødvendige for at kunne foretage seismiske studier af stjernernes indre, er nemlig stort set identiske med de målinger, som kræves for at finde planeter omkring andre stjerner. Det forskerne kræver af COROT, er at den kan foretage meget nøjagtige målinger af stjernernes lysstyrke og følge lysvariationerne i tidens løb. Variationer som finder sted i løbet af minutter og timer vil primært skyldes stjernesvingninger, mens signalerne fra planetformørkelserne vil finde sted med uger og måneders mellemrum. Det geniale ved COROT satellitten er derfor at de samme målinger kan bruges til både at finde stjernessvingninger og finde planeter.

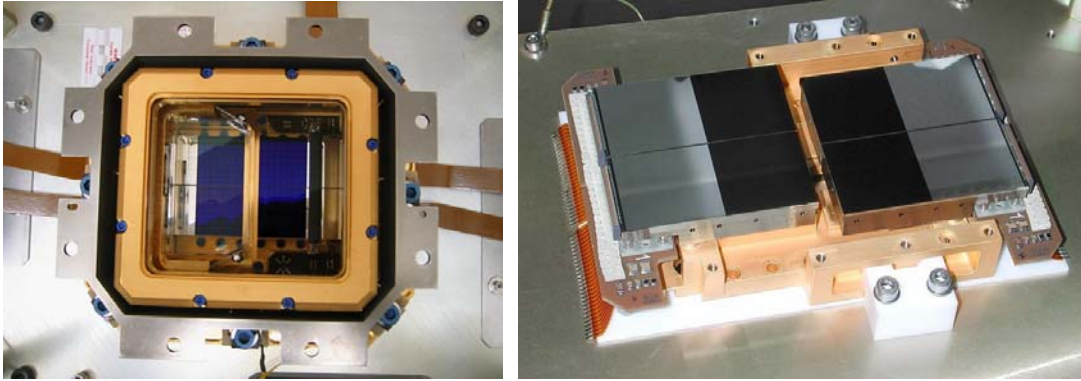
COROT satellitten

COROT er en overvejende franskbygget (CNES) satellit, og den oprindelige idé til COROT blev også født blandt astronomer i Frankrig. Den videnskabelige leder af projektet er Annie Baglin fra Observatoriet i Paris. Siden projektet startede, er ESA blevet knyttet til COROT, og en række forskere og teknikere i ESA's medlemslande er nu involveret i udviklingen af satellitten. Når COROT sendes i rummet i december 2006, vil der således også være en række forskere i Danmark, som vil være klar til at udnytte dette enestående instrument. I Danmark er det forskere fra Aarhus Universitet som deltager i COROT (Det drejer sig om professor Jørgen Christensen-Dalsgaard, lektor Hans Kjeldsen, forskningslektor Torben Arentoft og PhD-studerende Christoffer Karoff). Aarhus Universitet har påtaget sig vejledningsopgaver i relation til dataanalysen. Det drejer sig specielt om dataanalyse med henblik på korrektion for detektorstøj med det mål at undgå instrumentelle fejl, som vil hindre COROT i at måle de uhyre små variationer i lysstyrken, som er nødvendige for at kunne detektere de seismiske signaler fra stjernerne. At Aarhus Universitet er specialist i netop dette område, skyldes det arbejde, man her udførte med henblik på at bygge den danske Rømersatellit, hvis formål ligger tæt på COROT satellittens videnskabelige program. Den danske Rømersatellit blev desværre aldrig bygget færdig på grund af manglende finansiering. Aarhus Universitet forventer desuden at deltage aktivt i den videnskabelige analyse af de data, vi vil modtage fra COROT. Det drejer sig specielt om beregning af teoretiske modeller for stjerner, som vil muliggøre en fortolkning af de seismiske signaler fra COROT.



Det færdige COROT- teleskop før monteringen på selve satellitten. Teleskopet er udstyret med et hovedspejl med en diameter på 27 cm. Billede: CNES/COROT

Når COROT er i rummet, vil den observere de samme stjerner i perioder på omkring 5 måneder. Dette muliggør nøjagtige bestemmelser af svingningsfrekvenserne for de klare stjerner, og samtidigt vil COROT finde planetpassager i måske 100 stjerner. Da missionen forventes at forløbe over flere år, vil COROT kunne observere forskellige felter på himlen, og således finde flere hundrede planeter.



I teleskopets brændplan monteres 4 følsomme CCD-detektore. To af disse benyttes til planetprogrammet, og de to øvrige skal benyttes til måling af stjernessvingninger. På billederne ses selve CCD-detektorene. Billede: CNES/COROT

Keplersatellitten

Selvom COROT forventes at revolutionere vores viden omkring stjernernes indre ved at detektere ”stjernernes musik”, og samtidigt vil være en fabelagtig god planetjæger ved at checke, om der ”danser” planeter rundt omkring de stjerner, som COROT vil holde et vågent øje med, så er der stadig mange detaljer omkring stjernerne, vi ikke kan få svar på. Derfor vil der efter COROT være en række andre missioner, som vil bygge videre på de resultater, som COROT forventes at opnå. USA forventes i november 2008 at opsende en super-COROT ved navn Kepler. Dette satellitprojekt, som Aarhus Universitet også deltager i, ligner meget COROT på overfladen, men Kepler indeholder et teleskop, som opsamler 12 gange så meget lys som COROT, og Kepler vil desuden foretage observation af et meget større område af stjernehimlen (og derfor mange flere stjerner) i en periode på 4 år (mod COROTs 5 måneder). Det vil sætte Kepler i stand til at finde Jordstørrelse-planeter i kredsløb omkring andre stjerner, og samtidigt vil Kepler kunne bestemme svingningsfrekvenser til brug ved seismologi, som langt overstiger det, COROT kan nå. Så studiet af stjernernes musik og planeternes dans vil fortsætter, også efter COROT om nogle år stopper med at sende data ned fra sit kredsløb omkring Jorden.