# MONS: Technical development and groundbased support observations

Søren Frandsen
*Institute for Physics and Astronomy, Aarhus University, DK-8000 Aarhus C, Denmark*

## 1. Indledning

MONS (Measuring Oscillations in Nearby Stars) er et dansk småsatellit program, som udgør en del af RØMER satellitten, der planlægges opsendt i 2004. MONS består af en 40 cm spejlkikkert som afbilder en stjerne diffust på en CCD detektor. Eksperimentet er designet til at måle stjernens lysstyrke med ekstrem præcision. Satellitten har desuden to 'Star trackers' (kameraer) ombord til at styre satellittens orientering i rummet meget præcist. Disse to kameraer vil også blive i stand til at måle præcise lyskurver for et stort antal stjerner. Hermed vil man få data, som kan bruges til detaljerede seismiske studier af stjernernes indre.

Det er imidlertid klart dokumenteret, at det store udbytte af et sådant eksperiment kun opnås, når data fra satellitten kombineres med de allerbedste data fra jordbaserede instrumenter. Derfor er der organiseret en stor international gruppe af astronomer, som vil gennemføre et omfattende observationsarbejde som supplement til MONS målingerne.

En vigtig del af disse observationer er spektroskopiske målinger med høj opløsning af de udvalgte objekter. I den forbindelse forventes en spektrograf (FIber Echelle Spectrograph, FIES) udviklet til det Nordiske Optiske Teleskop (NOT) at spille en vigtig rolle. Denne spektrograf er designet i samarbejde med European Southern Observatory (ESO) eftere samme principper som flere nye spektrografer, der for nyligt er taget i brug bl.a. på Very Large Telescope nummer 2 (UVES på UT2). Det er højtydende instrumenter, som fungerer en størrelsesorden bedre end generationen før.

FIES stod færdig i en laboratorieversion efteråret 1998, og NOT accepterede derefter, at spektrografen kunne installeres som oprindeligt planlagt på siden af teleskopet. Financieringen hertil manglede imidlertid, idet det var nødvendigt med en række tilpasninger, hvor især den optiske fiber, som forbinder teleskop med spektrograf udgjorde en kostbar del af problemet. Nærværende bevilling samt arbejde udført af og driftsbevillinger fra Institut for Fysik og Aastronomi har gjort det muligt, at gennemføre installationen på NOT. Derudover er der også indgået bidrag fra en SNF rammebevilling samt arbejdskraft fra Københavns Observatorium.

## 2. Spektrografen

Selve instrumentet er beskrevet i en rapport fra et NOT møde i Turku, Finland (Frandsen & Lindberg 1999). Den optiske fiberenhed, der er blevet fremstillet, tilpasser teleskopets åbningsforhold til spektrografens og har en projiceret diameter på 1.4” på himmelen. Desuden kombineres fiberen fra teleskopet med en fiber fra en kalibrerings enhed, således at man simultant kan måle referencelys og stjernelys. Fra forenden af 'stjerne'-fiberen reflekteres det lys, som ikke rammer fiberen. Det muliggør,

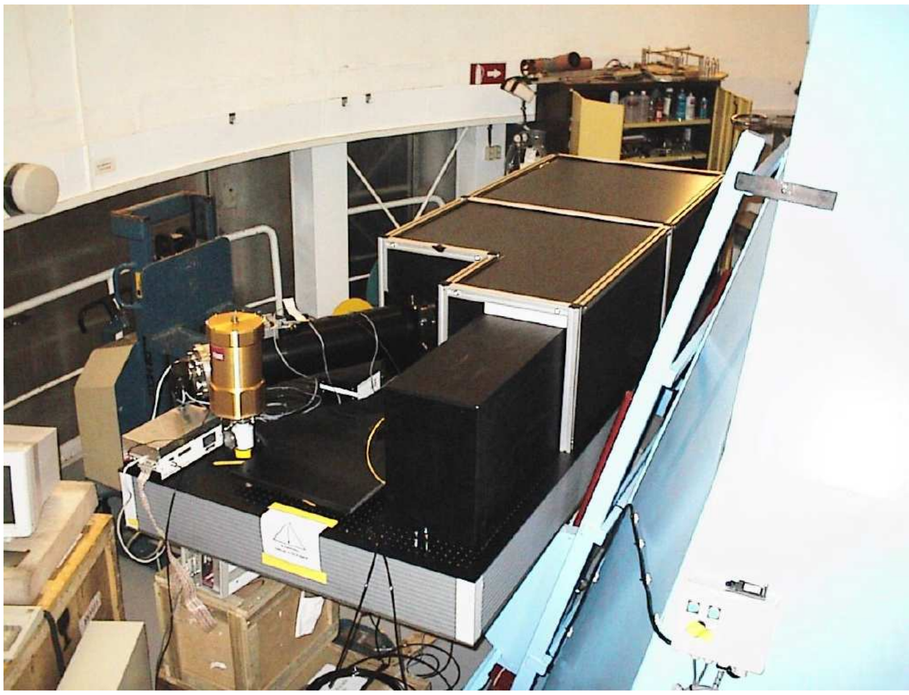

Fig. 1.— Spektrografen i sin 'kiste' monteret på siden af kikkereten

at man kan kontrollere og styre kikkerten bedre, således at man får maksimalt mængde lys gennem fiberen til spektrografen. Hele designet er meget robust og skulle gøre det simpelt at anvende spektrografen uden problem med opliniering eller andre indviklede justeringer for brugerne af instrumentet.

Bevillingen er desuden blevet brugt til andre nødvendige dele såsom en kasse til at beskytte instrumentet, som nu sidder 'i det fri', når kuppelen åbnes. Desuden har der været en del rejse- og transportudgifter, som dog i vid udstrækning er dækket fra anden side.

## 3. Installationen

Det store optiske bord med de optiske komponenter blev bragt på plads i februar 2000 på NOT. Det hele vejer omkring 900 kg, men viste sig ikke at have nogen negativ effekt på kikkertens bevægelse, som forudsagt. Instrumentet er anbragt på en lift, så at trafik i kuppelen ikke hindres. På figur 1 ses dette arrangement.

Fiberen kobles til teleskopet på siden af kikkert adaptoren. Den sidder modsat det såkaldte 'standby' kamera. Dermed kan den stjerne man ønsker at observere lokaliseres v.h.a. dette kamera og anbringes på den korrekte position, hvor stjernens lys vil ramme fiberen. Fiberen kan nemt monteres og afmonteres uden problemer med at positionen i forhold til 'standby' kameraet ændres.

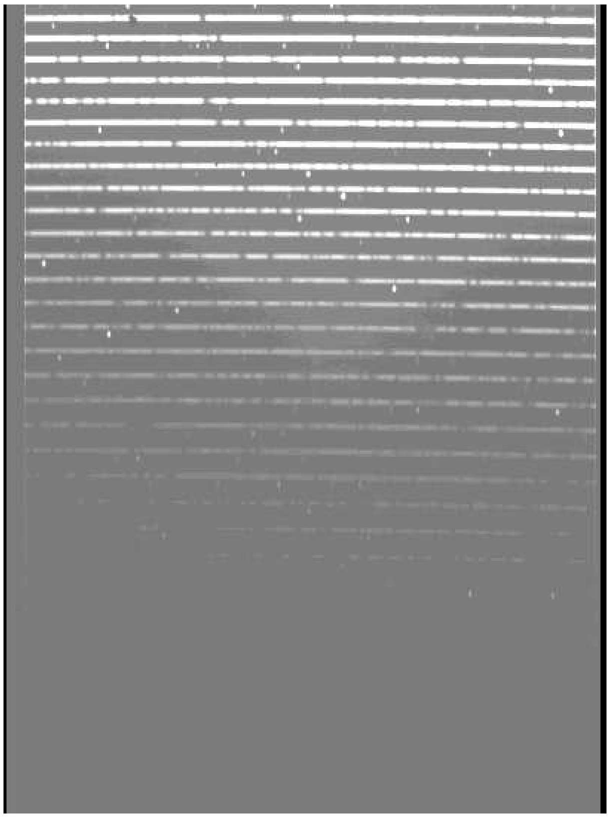

Fig. 2.— Arcturus spektrum. Prikkerne her og der er linier fra en Thorium-Argon lampe (reference lyset). Den øverste del af de spektrale ordner er den røde del af spektret.

Dette gør instrumentet meget fleksibelt og spektrografen kan benyttes parallelt med flere af de andre instrumenter, som påmonteres i Cassegrain fokus (bunden af kikkerten).

## 4. Resultater

Det var ike muligt at få det til FIES konstruerede CCD kamera klar til de første forsøg, hvorfor et ældre, mindre kamera blev monteret. Derfor kunne kun en del af spektret registreres

Et eksempel på et af de første spektre ses som figur 2. Spektret viser stykker af spektret af stjernen Arcturus i området 400–530 nm. 'Pletterne' mellem spektret er sammenligningsspektret fra referencekilden, en Thorium-Argon hulkatode lampe.

Der er ikke meget lys i det blå område på grund af stjernens spektraltype (K stjerne), hvilket vil sige en rød stjerne. Den anvendte detektor er desuden ikke særligt følsom i det blå.

For at få en ide om, hvor godt FIES fungerer, observerede vi en stjerne, som også er observeret

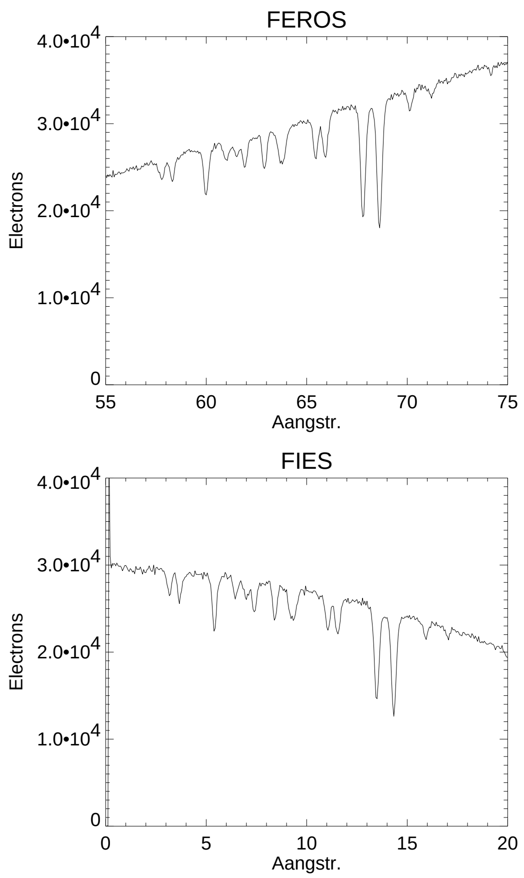


Fig. 3.— Et lille stykke (20Å) af et spektrum af HD 128167, V=4.5, Spektral type F2V, langt ude i vingen af H$\beta$. Spektret blev udregnet ved hjælp af programpakken og er ikke korrigeret for spektrografens følsomhed.

med ESO's FEROS (Kauffer et al., 1999) spektrograf på La Silla. Stjernen har betegnelsen HD 128167 og spektret taget med FEROS blev velvilligst stillet til rådighed af Jens Viggo Clausen, Københavns Observatorium. I figur 3 ses en lille del af spektret lige på den røde side af Brint linien H$\beta$, henholdsvis målt med FEROS og FIES. P.g.a. den anvendte CCD er den spektrale opløsning for FIES ikke helt så stor, som designværdien på 60.000. Den er sammenlignelig med FEROS, d.v.s. ca 40.000. Korrigerer vi for de kendte forskelle i opsætning (D=2.5m vs 1.5m, QE=40% vs 98%, t=300s vs 120s etc.), finder vi, at den totale effektivitet af FIES er omkring 1/3 af FEROS. Da dette spektrum er fra den første nat, og fokusering, seeing m.v. ikke var optimal, er dette et godt første bud på, hvad vi kan opnå med FIES. Den specificerede værdi for FIES' effektivitet er ca 2/3 af FEROS. FIES er mere afhængig af billedkvaliteten af stjernen end FEROS, som anvender en 'image slicer' for at kunne øge størrelsen af den optiske fibers projektion på himmelen.

## 5. Opdateringer

Vi planlægger efterfølgende installationen af en stor CCD chip, som dækker hele spektralområdet og som har en væsentligt større kvante/effektivitet. Dertil kommer en ekstra kasse med temperatur regulering indbygget til yderligere beskyttelse og stabilisering af spektrografen. Endelig skal der installerers noget optik i kikkertens adaptor for at kunne betragte det reflekterede lys fra fiberindgangen v.h.a. 'standby' kameraet.

Disse forbedringer ventes installeret inden udgangen af år 2000, og spektrografen kan så frigives til almen brug.

## 6. Konklusion

Spektrografen blev ombygget, transporteret til NOT, La Palma, og afprøvet med godt resultat. Instrumentet fungerer, men skal forbedres på nogle punkter inden det kan frigives til alment brug. Fra årets udgang skulle dette være på plads, og man må forvente en efterspørgsel på linie med den, som der har været efter FEROS, som er et af de mest populære instrumenter hos ESO.

## REFERENCES

Frandsen, S. & Lindberg, B., 1999, in Astrophysics with the NOT, Eds. H. Karttunen and V. Piirola, University of Turku, p. 71

Kaufer, A., Stahl, O., Tubbesing, S., Nørregaard, P. et al., 1999, ESO Messenger 5, 8