



# ESPRESSO Fiber Link

José Luis Rasilla<sup>a</sup>, Félix Gracia<sup>a</sup>, Francesco Pepe<sup>b</sup>, Rafael Rebolo<sup>a</sup>, Denis Mégevand<sup>b</sup>, Gerardo Avila<sup>c</sup>, Filippo Zerbi<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Instituto de Astrofísica de Canarias, E-38200 La Laguna, Tenerife.

<sup>b</sup>Observatory of Geneva, University of Geneva 51, Chemin des mailletes, 1290 Versoix, Switzerland

<sup>c</sup>European Southern Observatory, Karl-Schwarzschild-Str. 2-85 Muenchen, Germany

<sup>d</sup>Osservatorio Astronomico di Brera, INAF, Via Bianchi 46, 23807 Merate, Italy



## ESPRESSO

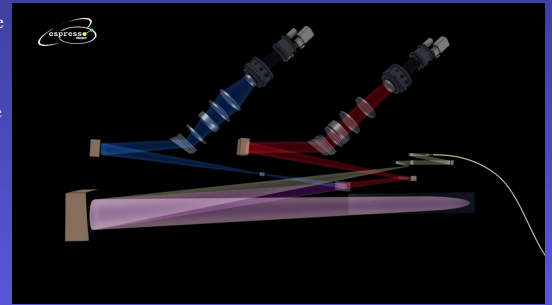
ESPRESSO es un espectrógrafo de alta resolución y ultra estable que trabajará en el Laboratorio Coudé Combinado (CCL) de los telescopios VLT en Paranal. Será el primer instrumento que podrá recibir luz de cada uno de los 4 telescopios que forman VLT o de los 4 simultáneamente. Para ello, el sistema óptico "Coude Train" (CT) llevará la luz desde el foco Nasmyth del telescopio al laboratorio CCL. Allí, el subsistema Front-End (FE) recogerá la luz de cada telescopio y estabilizará tanto la imagen del objeto como la pupila del telescopio; además, permitirá seleccionar el modo de observación requerido y finalmente alimentará el subsistema "Fiber Link" (FL). El subsistema FL permite llevar a la luz que viene desde el telescopio a través de la FE para el espectrógrafo.

Desde un punto de vista funcional el subsistema FL tienen las siguientes tareas:

- Convierte el haz F/12.7 que recibe desde FE y que procede del telescopio, en un haz F/3.5 y se inyecta en una fibra óptica por donde se conduce la luz hasta el espectrógrafo.
- Permite el paso de la luz desde el exterior hasta el espectrógrafo que se encuentra en el interior de una cámara de vacío.
- Estabiliza la iluminación de la fuente a la entrada del espectrógrafo, minimizando el efecto de rendija.
- Permite enviar luz procedente del objeto a un primer sistema de estabilización de imagen y de pupila que está presente en el subsistema FE.

Además, el FL da servicio a los 3 modos de observación que requiere EXPRESSO. Estos modos son:

- **Modo Single HR.** Modo de alta resolución ( $R \sim 120\,000$ ). Utiliza la luz procedente de uno de los telescopios y permite obtener una precisión de velocidad radial mejor que 10cm/sec. Éste será el modo de configuración estándar de EXPRESSO
- **Modo Single UHR.** El modo de alta resolución ( $R \sim 220\,000$ ). Se obtiene utilizando fibras de menor diámetro (cerrando la rendija)
- **Modo Multi MR.** Este modo tiene una resolución de 60.000 y una precisión de velocidad radial a 5 m / seg, pero permite usar 2, 3 o hasta 4 telescopios VLT simultáneamente



Esquema del espectrógrafo de EXPRESSO.

## Elementos del Fiber Link

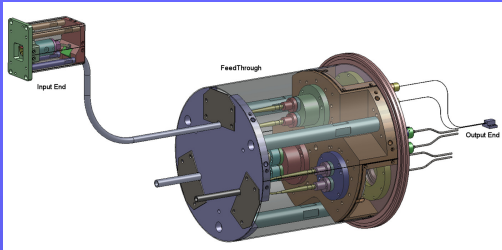
En el FL, se pueden diferenciar tres partes:

"**Input End**" convierte el haz F/12.7 procedente del telescopio (a través del FE) en un F/3.5 a la entrada de la fibra óptica. También alimenta el sistema de estabilización de imagen del sistema de F - E utilizando un espejo plano agujereado. El haz se introduce en la fibra por medio de un conjunto de dos dobletes. El primer doblete genera una imagen intermedia de la pupila que se colima por el segundo doblete generando un haz telecéntrico que se introduce en la fibra.

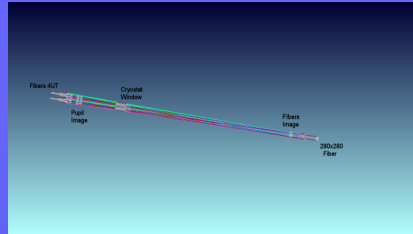
"**Feedthrough**" une el Laboratorio Coude (CCL) y el espectrógrafo que se encuentra en el interior de una cámara de vacío. Este subsistema permite también mejorar la estabilización de la iluminación que alimenta al espectrógrafo; para ello, utiliza una configuración óptica llamada "optical scrambling". En esta configuración se transforma el campo cercano de una fibra en el campo lejano de otra y viceversa

En el modo Multi MR, en el cual se pueden utilizar los 4 telescopios simultáneamente, se utiliza esta parte del subsistema para combinar la luz proveniente de cada telescopio en una única fibra que se coloca en la rendija del espectrógrafo.

"**Output End**" es la interfaz del FL con el banco óptico del espectrógrafo y forma la pseudo-rendija



Vista esquemática del subsistema "Fiber Link" de EXPRESSO



Vista del diseño óptico del Feedthrough en el modo Multi MR. Se muestra el concepto del "4x1 Combiner"

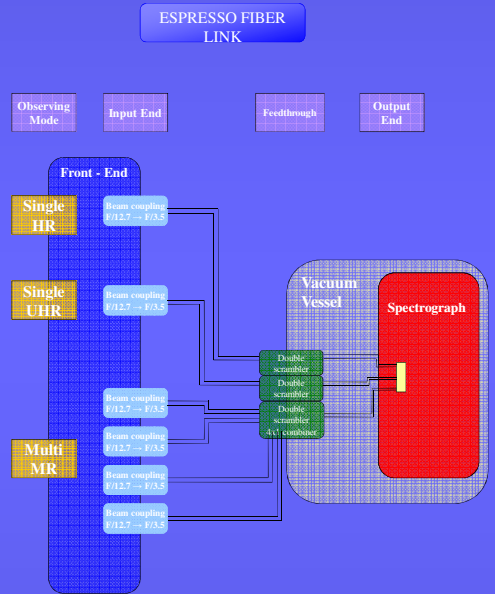
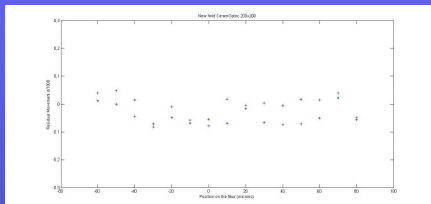
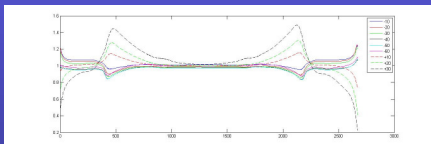


Diagrama de bloques que muestra el entorno en el que trabaja el FL.



"Scrambling" en campo cercano para una fibra cuadrada de 200 x 200 micras de tamaño de núcleo.



"Scrambling" en campo lejano para una fibra cuadrada de 200 x 200 micras de tamaño de núcleo.

## 4x1 Combiner

En el modo Multi MR, las fibras permiten mezclar la luz de los 4 telescopios y obtener las mismas condiciones de trabajo cuando se usan simultáneamente 1, 2, 3 o 4 telescopios. Al sistema que permite esta mezcla la llamamos "4x1 Combiner".

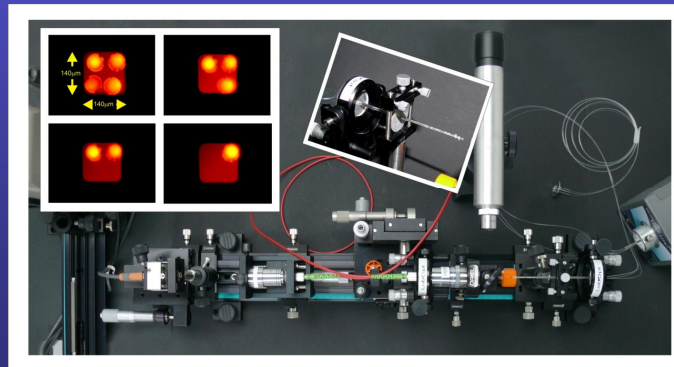
Este sistema recoge la luz procedente de 4 fibras octogonales de 140 micras de núcleo y la proyecta sobre una fibra cuadrada de 280x280 micras de núcleo. Además permite realizar una "scrambling óptico" de tal manera que a la salida se tiene una iluminación estable tanto en campo cercano como lejano y la diferencias cuando se utiliza 1, 2 o 4 telescopios sólo son de flujo y no de distribución de energía. De esta manera la estabilidad espectroscópica del instrumento es enorme.

## Capacidades del Fiber Link

Los elementos fundamentales del FL son, obviamente, las fibras ópticas. Ellas permiten el transporte de luz de una manera eficiente y mejoran de la estabilidad de la imagen del objeto debido a sus propiedades de "scrambling". Para cada modo de observación y para cada telescopio, se utilizarán dos fibras. La primera transporta la luz del objeto y la segunda la luz calibración o la luz procedente del cielo.

El aumento que se necesita para la conversión de F / # determina el tamaño de las fibras en cada uno de los modos de observación. Teniendo en cuenta que se inyecta un haz F/3.5, la escala focal de los telescopios VLT sobre las fibras será de 140 micras / segundo de arco. En el modo Single HR, con el fin de recoger la luz de 1 segundo de arco, el diámetro del núcleo de la fibra debe ser de 140 micras. En el modo Single UHR se usan fibras de 70 micras de diámetro del núcleo para mejorar la resolución.

Las fibras seleccionadas para el FL no tiene un formato circular estándar ya que estas fibras no tienen buenas propiedades de "scrambling". Las fibras con núcleos no circulares presentan unas extraordinarias propiedades de scrambling de campo cercano, el "scrambling" de campo lejano no es tan bueno pero se mejora con la configuración de "optical scrambling" que se utiliza en el Feedthrough.



Prototipo del "4x1 Combiner". Una fibra cuadrada con tamaño de núcleo de 140x140 micras es iluminada por 4, 3, 2 y 1 fibras cuadradas con tamaño de núcleo de 70x70 micras, siguiendo el concepto de "4x1 Combiner"

Se han elegido las fibras octogonales y en el modo Multi MR se utiliza una fibra cuadrada para combinar la luz de los 4 telescopios. Todas estas fibras son fabricadas por CeramOptec.