



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH



## **Obtenció i integració del model SMOS de l'oceà creat pel Barcelona Expert Center (BEC)**

Escola Tècnica d'Enginyeria de Telecomunicació de  
Barcelona

Universitat Politècnica de Catalunya

per

**Artur Hellín Regany**

En compliment parcial dels requisits per al Grau en  
Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació

**Supervisor: Ignasi Corbella Sanahuja**

**Barcelona, Maig del 2021**

## **Abstract**

Obtaining global terrestrial data in real time has become one of the most powerful scientific challenges of today and using satellites and nano satellites we can receive the necessary information to solve this task.

In 2009 ESA (European Space Agency) launched the SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) satellite with the objective of capturing global data using innovative techniques in order to obtain soil moisture and ocean salinity maps every 3 days. The access to this information allowed the development of new scientific studies in order to understand the functioning of the different water cycles in our planet and try to understand what alterations it has suffered over the years due to human activity.

The TSC (Signal and Communications Theory) department of the UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) participates in the processing of the data obtained by SMOS since its launch.

The project developed in the following document aims to obtain a new model of the ocean developed by the BEC (Barcelona Expert Center), a research center that also participates in different SMOS data processing tasks. In order to carry out this task, we have had to work together to adapt the procedures to obtain the model so that it is useful in the TSC working environment. After several months of work, the procedure was correctly established and today we have been able to obtain the first years of modeled ocean.

Obtaining the new model opens the door to new studies to evaluate the state of the satellite and the quality of the data obtained by it, since it is more than 10 years of its launching and all hardware has a limited useful life. By means of models, it is possible to obtain a very useful type of graphs, the Hovmoller graphs. This allow to obtain the difference between the results obtained from the model and the measurements taken by the SMOS and to be plotted. Once the processing to obtain the BEC model has been completed, Hovmollers obtained from it might bring to relevant conclusions.

## Resum

L'obtenció de dades globals Terrestres a temps real s'ha convertit en un dels reptes científics més poderosos d'avui en dia i mitjançant l'ús de satèl·lits i nano satèl·lits podem rebre la informació necessària per resoldre aquesta tasca.

L'any 2009 l'ESA (Agència Espacial Europea) va llençar el satèl·lit SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) amb l'objectiu de captar dades globals mitjançant tècniques innovadores amb el fi d'obtenir mapes d'humitat del sòl i salinitat dels oceans cada 3 dies. L'accés a llur informació va permetre desenvolupar nous estudis científics amb el fi d'entendre el funcionament dels diferents cicles que viu l'aigua en el nostre planeta i intentar entendre quines alteracions a patit al llarg dels anys degut a l'activitat humana.

El departament TSC (Teoria de Senyal i Comunicacions) de la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) participa en el processat de les dades obtingudes per l'SMOS des del seu llançament.

El projecte desenvolupat en el següent document té com a objectiu l'obtenció d'un nou model de l'oceà desenvolupat pel BEC (Barcelona Expert Center), centre d'investigació que també participa en diferents tasques de processat de dades de l'SMOS. Per tal de dur a terme aquesta tasca, hem hagut de treballar conjuntament per tal d'adequar els procediments d'obtenció del model per a que sigui útil en l'entorn de treball del TSC. Després de diferents mesos de feina, es va poder establir correctament llur procediment i a dia d'avui s'han pogut obtenir els primers anys d'oceà modelat.

L'obtenció del nou model obra les portes a nous estudis que permetin avaluar l'estat del satèl·lit i la qualitat de les dades obtingudes per aquest, ja que fa més de 10 anys del seu llançament i tot hardware té una vida útil limitada. Mitjançant models, és poden obtenir un tipus de gràfiques molt útils a cop visual, les gràfiques Hovmoller. Aquestes permeten dibuixar la diferència que hi ha entre els resultats obtinguts del model i les mesures preses per l'SMOS. Una vegada s'hagi completat el processat d'obtenció del model del BEC es pretén obtenir Hovmollers a partir d'aquest per a que mitjançant un posterior anàlisi es pugui arribar a extreure conclusions rellevants.

## **Resumen**

La obtención de datos globales Terrestres a tiempo real se ha convertido en uno de los retos científicos más poderosos de hoy en día y mediante el uso de satélites y nano satélites podemos recibir la información necesaria para resolver dicha tarea.

En el año 2009 la ESA (Agencia Espacial Europea) lanzó el satélite SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) con el objetivo de captar datos globales mediante técnicas innovadoras con el fin de obtener mapas de humedad del suelo y salinidad de los océanos cada 3 días. El acceso a dicha información permitió desarrollar nuevos estudios científicos con el fin de entender el funcionamiento de los diferentes ciclos que vive el agua en nuestro planeta e intentar entender qué alteraciones ha sufrido a lo largo de los años debido a la actividad humana.

El departamento TSC (Teoría de Señal y Comunicaciones) de la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) participa en el procesado de los datos obtenidos por el SMOS desde su lanzamiento.

El proyecto desarrollado en el siguiente documento tiene como objetivo la obtención de un nuevo modelo del océano desarrollado por el BEC (Barcelona Experto Center), centro de investigación que también participa en diferentes tareas de procesado de datos del SMOS. Para llevar a cabo esta tarea, hemos tenido que trabajar conjuntamente para adecuar los procedimientos de obtención del modelo para que sea útil en el entorno de trabajo del TSC. Después de diferentes meses de trabajo, se pudo establecer correctamente el procedimiento y a día de hoy se han podido obtener los primeros años de océano modelado.

La obtención del nuevo modelo abre las puertas a nuevos estudios que permitan evaluar el estado del satélite y la calidad de los datos obtenidos por este, puesto que hace más de 10 años de su lanzamiento y todo hardware tiene una vida útil limitada. Mediante modelos, se pueden obtener un tipo de gráficas muy útiles a golpe visual, las gráficas Hovmoller. Estas permiten dibujar la diferencia que hay entre los resultados obtenidos del modelo y las medidas tomadas por la SMOS. Una vez se haya completado el procesado de obtención del modelo del BEC se pretende obtener Hovmollers a partir de este para que mediante su posterior análisis se pueda llegar a extraer conclusiones relevantes.

Han estat 5 anys de creixement tant personal com acadèmic que tenen com a cloenda aquest projecte de fi de grau.

Primer de tot, donar les gràcies al Dr. Ignasi Corbella que m'ha guiat al llarg de tot el procés que comporta dur a terme un projecte com aquest i a la resta de professorat de l'escola que m'ha format al llarg del grau.

Gràcies també, a la Dra. Verónica González (BEC) per facilitar-nos la feina al llarg de tot el projecte.

Els tot ho saben. Família, amics i companys, m'heu fet feliç al llarg de tot aquest camí, gràcies.

## Historial de revisions i registre d'aprovació

Revisió	Data	Propòsit
0	01/05/2020	Creació document
1	03/05/2021	Revisió document
2	07/05/2021	Revisió document
3	10/05/2021	Aprovació document

Nom	e-mail
Artur Hellín Regany	
Ignasi Corbella Sanahuja	

Escrit per: Artur Hellín Regany		Revisat i aprovat per: Ignasi Corbella Sanahuja	
Data	10/05/2021	Data	10/05/2021
Nom	Artur Hellín Regany	Nom	Ignasi Corbella Sanahuja
Posició	Autor del projecte	Posició	Supervisor del projecte

## Taula de continguts

Abstract .....	1
Resum .....	2
Resumen .....	3
Historial de revisions i registre d'aprovació .....	5
Taula de continguts .....	6
Llistat d'il·lustracions.....	7
Llistat de Taules: .....	8
1. Introducció.....	9
1.1. Missió SMOS i radiòmetre MIRAS .....	10
1.2. Diagrames Hovmoller .....	11
1.3. Objectius del TFG.....	12
2. Estat de l'art: .....	13
2.1. Generació de gràfiques Hovmoller i d'Estabilitat mitjançant el model OFM.....	14
3. Ús de models en l'MTS.....	15
3.1. Definició i aplicabilitat dels models.....	15
3.2. Diagrames Hovmoller amb el model SMOS de l'oceà.....	16
4. Procés d'obtenció del modelatge del BEC i integració en l'MTS .....	17
4.1. Ús de Gaia i processat per a l'obtenció dels models.....	17
4.2. Informació continguda en els fitxers model i estructuració .....	18
4.3. Adaptació dels fitxers model del BEC a l'entorn de processat UPC .....	20
4.4. Resultats obtinguts .....	22
5. Pressupost .....	26
6. Conclusions i futurs treballs: .....	27
7. Bibliografia.....	29
Annexos .....	30

## **Llistat d'il·lustracions**

Il·lustració 1: Satèl·lit SMOS .....	9
Il·lustració 2: Diagrama Hovmoller per a diferències de temperatura de la brillantor en banda L entre les mesures SMOS i el model sobre l'oceà Pacífic (entre 160 i 220 graus de longitud) per a la direcció de l'òrbita descendent i la polarització horitzontal al marc de referència de l'antena des del juny de 2010. La climatologia de l'Atlas Mundial de l'Oceà de 2009 es va utilitzar en la creació del model.[2].....	11
Il·lustració 3: Diagrama Gantt .....	12
Il·lustració 4: Informació emmagatzemada en en els fitxers model originals generats pel BEC.....	18
Il·lustració 5: Informació emmagatzemada en els fitxers model reduïts pel BEC .....	19
Il·lustració 6: Imatge de consola dels outputs obtingut a Gaia. Els fitxers s'emmagatzemen en /ASC/AnyMesDia ó /DES/AnyMesDia.....	20
Il·lustració 7: TB obtingudes d'un fitxer model d'una òrbita descendent pintades sobre un mapa terrestre, a l'oceà Pacífic .....	21
Il·lustració 8: TBx i TBy en funció de l'angle d'incidència d'una òrbita descendent obtingudes d'un fitxer model.....	21
Il·lustració 9: Exemple de variables emmagatzemades en els fitxers model preparats per a l'entorn UPC del dia 5 de juny de 2018.....	22
Il·lustració 10: EAFFOV (vermell) i HFOV (blau).....	25



## **Llistat de Taules:**

Taula 1: Variables emmagatzemades en els fitxers model OFM.....	13
Taula 2: Resum de la mida dels fitxers originals del BEC. Resultat obtingut a partir de les poques mostres compartides per la Verònica .....	19
Taula 3: Resum de la mida dels fitxers reduïts del BEC. Calculat mitjançant la mitja de la mida de tots els fitxers obtinguts de l'any 2018.....	20
Taula 4: Resum dels temps implicats en el processats del modelatge BEC .....	23
Taula 5: Temps total del processat del modelatge BEC.....	23
Taula 6: Temps de processat del modelatge BEC-UPC .....	24
Taula 7: Costos parcials del projecte .....	26
Taula 8: Cost total del projecte .....	26
Taula 9: Mida mitjana d'ocupació de les dades d'un any sencer.....	27

## 1. Introducció

El projecte d'investigació desenvolupat en el següent document neix de les necessitats que han sorgit de la missió del satèl·lit SMOS en el qual el departament de Teoria del Senyal i Comunicacions de la UPC hi ha participat des del seu llançament.

La missió SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) ha estat impulsada per l'Agència Espacial Europea (ESA) i és la segona missió del projecte Earth Explorer Opportunity formant part del Living Planet Programme de l'ESA que va ser dissenyada per observar la humitat del sòl i la salinitat dels oceans.

La informació obtinguda a través del processament de les dades que obté el satèl·lit poden ser fonamentals per a estudis hidrològics que permetin desenvolupar diferents aplicacions i conclusions relacionades amb els cicles de l'aigua de la Terra.



Il·lustració 1: Satèl·lit SMOS

El satèl·lit va ser llançat amb èxit el 2 de novembre del 2009 i va entrar en òrbita a l'altura de 758 quilòmetres. A partir d'aquell moment el satèl·lit estaria obtenint dades globals de la Terra a partir de l'emissió de microones (banda-L) de l'única càrrega útil que duu, un instrument completament nou en el moment: un radiòmetre d'obertura sintètica bidimensional en banda-L amb capacitats multiangulars i de polarització dual/polarimètrica completa, el Microwave Imaging Radiometer with Aperture Synthesis (MIRAS). L'SMOS ha estat proporcionant Mapes globals d'humitat del sòl cada 3 dies amb una resolució espacial inicial d'uns 50 km que ha anat millorant al llarg dels anys amb la millora del processament de les dades obtingudes que ha fet que avui en dia puguem comptar amb una resolució, en el millor dels casos, d'1 km o menys.

Gràcies al software desenvolupat per l'escola i les petites ampliacions que explicaré al llarg del document entendrem el processat necessari per obtenir dades d'ús real.

L'MTS (MIRAS Testing Software) és el software complet encarregat de processar les dades raw obtingudes del satèl·lit i que a través de diferents nivells de processat s'arriba als mapes complets d'humitat. El meu treball es centrarà en el punt del processat en què el producte són snapshots de les temperatures de brillantor calibrades, ens trobem en el nivell L1B, que més endavant entendrem en el nivell del processament total del software en el qual ens trobem.

### 1.1. Missió SMOS i radiòmetre MIRAS

L'única carrega útil de l'SMOS és el MIRAS, un innovador radiòmetre d'obertura sintètica bidimensional amb capacitat d'obtenció d'imatges de doble polarització i polarimetria completa que proporciona mesures de la temperatura de brillantor de la superfície de la Terra en diferents angles d'incidència.

El satèl·lit capta dades mitjançant l'emissió de microones en banda-L i, per tal d'aconseguir una cobertura i resolució espacial adequada per observar la humitat del sòl i la salinitat caldria una antena giratòria de grans dimensions que comportaria ser una solució difícil i d'un alt cost per una nau espacial.

La missió SMOS va proposar una alternativa mitjançant un innovador concepte de radiometria interferomètrica: l'apertura necessària de l'antena es sintetitza mitjançant 69 receptors separats, que es distribueixen equitativament en un conjunt d'antenes en forma de Y compost per tres braços desplegable d'uns 3,5 metres de longitud i una estructura central. La idea s'inspira en tècniques semblants utilitzades en radioastronomia i es basa a prendre mesures de la correlació creuada de les observacions procedents de totes les combinacions possibles de parells de receptors per tal de mostrejar el senyal que hauria rebut una antena d'obertura real.

Per tal d'obtenir resultats es requereixen algorismes de reconstrucció d'imatges sofisticades per tenir en compte les imperfeccions de l'instrument i obtenir mapes de temperatura de brillantor en el marc de referència de l'antena (dades de nivell 1b) a partir de les visibilitats calibrades (dades de nivell 1a). Cal tenir en compte que el procés de reconstrucció de la imatge induïx la precisió radiomètrica i els errors de biaix, a més dels errors aleatoris de soroll induïts per un radiòmetre convencional.

Els productes de la missió SMOS obtinguts al llarg del processat de dades es divideixen en quatre categories [1]:

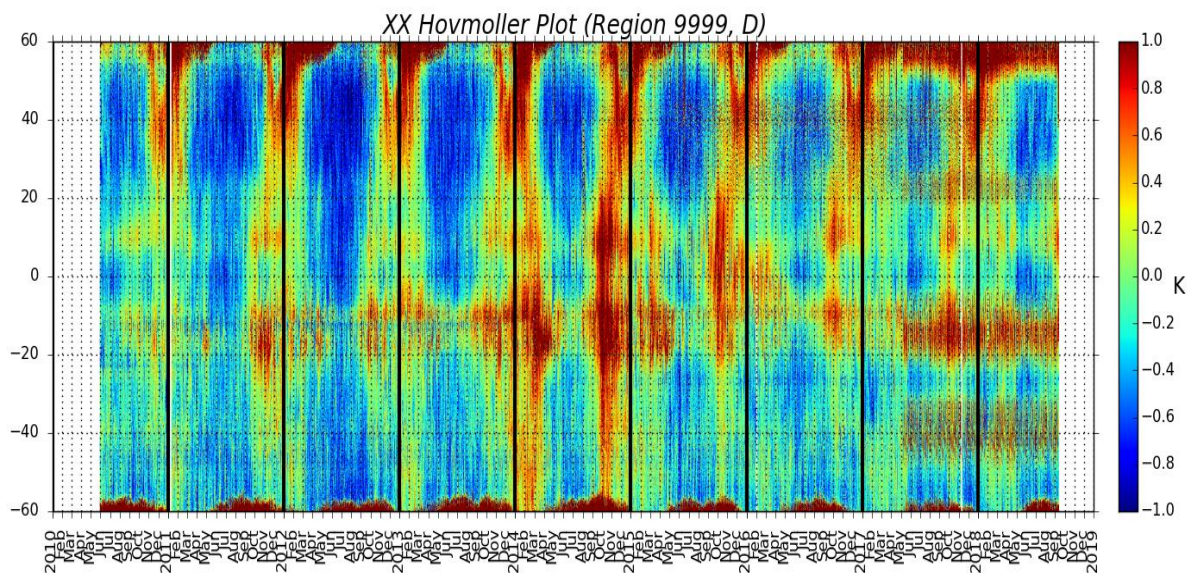
- Els productes de **nivell 0** consisteixen en dades SMOS sense processar amb capçaleres Earth Explorer afegides. Els productes de nivell 0 inclouen, per exemple, dades de satèl·lit i dades de calibratge de correladors.
- Els productes de **nivell 1** es divideixen en tres subcategories.
  - Els productes de **nivell 1a** són visibilitats calibrades (correlacions creuades) agrupades com a instantànies.
  - Els productes de **nivell 1b** són mapes instantanis de temperatures de brillantor corregides radiomètricament i calibrades, referides al marc de referència de polarització de l'antena ( $T_{xx}$ ,  $T_{yy}$  i  $T_{xy}$ , també en mode polarimètric complet).
  - Els productes de **nivell 1c** són mapes basats en bandes de temperatures de brillantor referides a una malla fixa en un el·lipsoide terrestre ( $T_{hh}$ ,  $T_{vv}$  i  $TI = T_{hh} + T_{vv} = T_{xx} + T_{yy}$ ). Els productes de nivell 1c es generen per separat per a aplicacions terrestres i marítimes.
- Els productes de **nivell 2** són mapes basats en bandes d'humitat del sòl o de salinitat superficial que s'han calculat a partir de productes de nivell 1c. La conversió de les temperatures de brillantor del nivell 1c als mapes del nivell 2 inclou un primer pas per mitigar l'impacte de la rotació de Faraday, el sol / la lluna / la brillantor galàctica, l'atenuació atmosfèrica, etc. i es fa per separat per a la humitat del sòl i la salinitat de l'oceà.
- Els productes de **nivell 3** es basen en l'agregació espai-temporal de dades de nivell 2.

- Els productes de **nivell 4** milloren els productes de nivell 2/3 mitjançant l'ús de dades auxiliars d'altres fonts.

## 1.2. Diagrames Hovmoller

La idea d'executar aquest projecte ha sorgit de l'anàlisi d'un tipus de gràfiques concretes que permeten visualitzar la diferència entre la temperatura de brillantor dels models treballats i l'obtinguda mitjançant el processat de dades de l'SMOS al llarg del temps en funció de la latitud terrestre.

Els diagrames Hovmoller mostren la mitjana de tots els valors d'una sola columna de longitud o fila de latitud i col·loquen aquests valors en un eix. L'altre eix representa el temps. En l'exemple, mostrat a continuació, utilitzem la dimensió horitzontal (eix X) per a representar el temps i la dimensió vertical (eix Y) per representar la latitud. El principal avantatge que comporta utilitzar aquest tipus de gràfiques és que, tot i que la latitud sempre va lligada a una longitud, podem mostrear les dades obtingudes al llarg del temps només en funció de la latitud, descartant la longitud, que en aquest cas, no ens interessa. Poder obtenir una representació 2-D sempre millora la qualitat dels resultats, ja que poden ser molt més intel·ligibles a cop d'ull.



Il·lustració 2: Diagrama Hovmoller per a diferències de temperatura de la brillantor en banda L entre les mesures SMOS i el model sobre l'oceà Pacífic (entre 160 i 220 graus de longitud) per a la direcció de l'òrbita descendent i la polarització horitzontal al marc de referència de l'antena des del juny de 2010. La climatologia de l'Atlas Mundial de l'Oceà de 2009 es va utilitzar en la creació del model.[2]

### 1.3. Objectius del TFG

La planificació de les diferents tasques a realitzar al llarg del projecte són les següents:

Activity / Month	SEP	OCT	NOV	DES	GEN	FEB	MAR	ABR	MAIG
Introducció de la missió SMOS	■								
Zona de treball adequada		■							
Instal·lació de l'MTS i aprenentatge dels conceptes bàsics del processat		■	■	■	■				
Modelatge del Joe				■	■	■	■		
Contacte amb el BEC i ús de gaia					■	■	■	■	
Adquisició dels models i posterior processat							■	■	■
Extreure conclusions i redacció		■	■	■	■	■	■	■	■

Il·lustració 3: Diagrama Gantt

Els objectius definits són els següents:

1. Analitzar i entendre el processat de les dades que realitza l'MTS, software dissenyat pel departament del TSC que s'encarrega de processar les dades raw de l'SMOS fins a nivell 1B.
2. Estudiar l'obtenció dels gràfics Hovmollers generats amb els models que la Universitat ha obtingut els últims anys i entendre amb quin punt del processat de les dades s'han generat aquestes gràfiques.
3. Obtenir nous models de l'oceà pel posterior anàlisi.
4. Crear el software que s'encarregui de generar els fitxers model adients per a ser utilitzats en l'MTS a la UPC i poder generar gràfiques Hovmoller amb ells.
5. Extreure conclusions a partir dels nous models obtinguts.

Les gràfiques de tipus Hovmoller serà l'eina que permetrà realitzar la comparativa entre les dades obtingudes del processat del SMOS i les dades semi empíriques obtingudes de diferents models. Així, intentaré arribar a la conclusió de si les dades que estem obtenint del satèl·lit són les desitjades o han estat alterades pel deteriorament del hardware al llarg dels anys.

Avui dia, l'equip de l'SMOS del TSC, disposa d'un model específic desenvolupat pel Dr. Joseph Tenerelli (OceanData Lab, França) de zones concretes de l'oceà Pacífic que ha permès al Dr. Ignasi Corbella obtenir diferents gràfiques Hovmoller de la diferència entre les dades de l'SMOS i el model esmentat. Un cop entès com s'ha desenvolupat tot el procés que ha permès arribar a generar gràfiques Hovmollers intentaré obtenir uns nous models desenvolupats pel BEC (Barcelona Expert Center). Arribats en aquest punt, durant el següent document explicaré com he obtingut un nou modelatge de l'oceà compatible amb el software UPC per a arribar a obtenir els nous Hovmollers desitjats, que més endavant permetin extreure conclusions rellevants.

## 2. Estat de l'art:

En aquest apartat faré una revisió del treball previ realitzat amb el modelatge obtingut a partir de la feina feta pel Dr. Joseph Tenerelli de l'OceanData Lab (França), a partir del qual m'he pogut guiar per tal d'introduir les meves aportacions en aquest àmbit. L'anàlisi de l'obtenció del model de OceanData Lab, anomenat OFM per Ocean Forward Model, i les aplicacions que ha tingut dins del software de l'MTS m'ha servit per entendre quin és el contingut que han de tenir els fitxers model per tal de ser útils.

Els fitxers obtinguts van ser emmagatzemats en directoris progressius Any/Mes/Dia. Cada directori conté diferents fitxers, els quals corresponen a una òrbita ascendent o descendent (en el nom del fitxer hi trobem un identificador: asc o des) d'aquell dia. Tots i cadascun dels fitxers es poden relacionar temporalment amb una de les òrbites emmagatzemades al repositori de dades generades pel satèl·lit. La informació continguda en els fitxers model és la següent:

bs_lon:	Referències de posició
bs_lat:	
date:	Referències de temps
date_xx:	
date_xyr:	
date_xyi	
date_yy:	TBs mesurades en AF
mod_af_data_mean_txx:	
mod_af_data_mean_tyy:	
mod_af_data_mean_Uxy	
mod_af_data_mean_Vxy	TBs modelades en AF
mod_af_model_mean_txx	
mod_af_model_mean_txx	
mod_af_model_mean_Uxy	
mod_af_model_mean_Vxy	TBs mesurades en EAF
mod_eaf_data_mean_txx:	
mod_eaf_data_mean_tyy:	
mod_eaf_data_mean_Uxy	
mod_eaf_data_mean_Vxy	TBs modelades en EAF
mod_eaf_model_mean_txx	
mod_eaf_model_mean_txx	
mod_eaf_model_mean_Uxy	
mod_eaf_model_mean_Vxy	Snapshots vàlids
num_valid_points_af	
num_valid_points_eaf	

Taula 1: Variables emmagatzemades en els fitxers model OFM

## **2.1. Generació de gràfiques Hovmoller i d'Estabilitat mitjançant el model OFM**

Amb la finalitat de poder calcular gràfiques Hovmoller, el Dr. Ignasi Corbella va treballar conjuntament amb el Dr. Joseph Tenerelli per a obtenir els models que aquest últim ha generat de l'oceà i es poden relacionar temporalment òrbita a òrbita amb les dades obtingudes de satèl·lit. Aquest model va ser adaptat per a poder-lo utilitzar en l'entorn MTS de la UPC i així, primerament, poder obtenir gràfiques d'Estabilitat per a posteriorment poder produir Hovmollers.

Mitjançant la funció `launchStabilityProcessor.m` (funció que crida `StabilityProcessor.m`, encarregada de generar els paràmetres d'estabilitat de cada un dels fitxers model) podem obtenir totes les dades d'estabilitat temporal d'un any sencer. Posteriorment, si llancem l'execució de la funció `createHovmoller.m`, a partir de les dades d'estabilitat obtingudes anteriorment, es poden aconseguir les dades necessàries per finalment plotejar gràfiques Hovmoller.

Com a alternativa, la funció `launchHovmollerProcessor.m` obté les dades per a poder generar Hovmollers sense haver de passar pel pas previ de càlculs d'estabilitat.

Finalment, per tal d'obtenir gràfiques d'estabilitat podem utilitzar la funció `stabplot.m` i per a obtenir gràfiques Hovmoller podem utilitzar la funció `hovmollerplot.m`.

Totes les funcions citades en aquest apartat han estat creades pel Dr. Ignasi Corbella i se'm van facilitar en l'MTS que va ser instal·lar en el meu lloc de treball.

Una vegada estem posats en context de la feina realitzada anteriorment al meu projecte i quin és l'ús que se li pot donar a l'obtenció d'un nou modelatge de l'oceà us passaré a explicar, en els següents dos capítols, com he realitzat l'obtenció d'un nou modelatge de l'oceà, quins resultats he obtingut de tot el procés i les conclusions i possibles treballs futurs a realitzar a partir d'aquest nou modelatge.

### 3. Ús de models en l'MTS

L'ús de models en la ciència aplicada és el resultat del procés de generar una representació conceptual, gràfica o visual, amb la finalitat d'explorar, controlar i predir diferents fenòmens o processos. Es considera que la creació d'un model és una part essencial de tota activitat científica.

En el cas del model que tractem en aquest projecte científic el podem identificar com a un model matemàtic que tracta de descriure un sistema. El sistema a descriure són les temperatures de brillantor geolocalitzades a la superfície de l'oceà que, mitjançant diferents formulismes matemàtics i l'obtenció de diferents paràmetres descriptius de l'entorn es pot aproximar al resultat que seria obtingut de forma empírica. L'obtenció d'aquest tipus de models permet estudiar comportaments de sistemes complexos davant situacions difícils d'observar en la realitat, com seria en aquest cas, les temperatures de brillantor de tot l'oceà.

#### 3.1. Definició i aplicabilitat dels models

Per tal de definir i entendre la idea del model a obtenir, a continuació, s'enumeren les diferents fases amb les quals podem relacionar el producte final al qual ha arribat el BEC:

1. **Identificació** d'un problema o situació complexa que necessita ser simulada, o controlada i per tant requereix un model matemàtic predictiu. En el nostre cas, sorgeix la necessitat de modelar les temperatures de brillantor de l'oceà per tal de ser comparades amb les mesures obtingudes del processat de les dades que capta l'SMOS.
2. **Elecció del tipus** de model, això requereix precisar quin tipus de resposta o output pretén obtenir, quines són les dades d'entrada o factors rellevants, i per a què pretén usar-se el model.

Es pretén obtenir un model on la informació de les temperatures de brillantor resultants es puguin relacionar temporal i espacialment amb les dades de temperatura de brillantor que capta el satèl·lit (òrbites). El resultat s'obté a partir del model de constant dielèctrica proposat per Klein i Swift [3] amb la incorporació de paràmetres geofísics com a informació auxiliar per donar robustesa al model. Aquesta elecció ha de ser suficientment simple com per permetre un tractament matemàtic assequible amb els recursos disponibles.

3. **Formalització** del model en què es detallaran quina forma tenen les dades d'entrada, quin tipus d'eina matemàtica/infomàtica es farà servir i el seguit d'algorismes confeccionats per tal d'obtenir els outputs desitjats. En aquesta fase possiblement s'introdueixin també simplificacions suficients perquè el problema matemàtic de modelització sigui tractable computacionalment.

Les TBs (temperatures de brillantor) modelades s'han derivat utilitzant la funció de model geofísic (GMF) presentada en [4]. La GMF que relaciona la temperatura de brillantor modelada amb la salinitat de la superfície de la mar es basa en el model de constant dielèctrica proposat per Klein i Swift [3] que depèn de forma no lineal de la salinitat superficial del mar (Sea Surface Salinity o SSS) i de la temperatura superficial del mar (Sea Surface Temperature o SST). El model semi empíric de rugositat definit en [5] s'ha utilitzat per a modelar el component de rugositat de la GMF. A més, les TBs resultants no sols contenen informació sobre la temperatura de brillantor de l'oceà, sinó també les contribucions d'altres fonts



principals: l'emissió reflectida de l'atmosfera, la reflexió en la superfície de la mar de l'emissió galàctica [6], i la reflexió del Sol [7]. Totes aquestes contribucions, detallades en [4] i [8], han estat modelades utilitzant informació auxiliar. El GMF s'ha avaluat utilitzant alguns valors a-priori geofísics, concretament la SSS proporcionada per la climatologia anual WOA09 (World Ocean Atlas 2009), i la TSM i la velocitat del vent de les dades auxiliars proporcionades pel ECMWF [9]. Aquests TB modelades no es corresponen exactament amb els TB correctes per a les condicions geofísiques precises de l'adquisició, però normalment s'espera que s'acostin a elles. Per tant, la comparació de la TB de SMOS amb la TB modelada pot ser útil per a l'avaluació de la qualitat de les tècniques proposades, ja que les desviacions degudes a les perturbacions tals com contaminació de la terra sobre el mar (LSC) i interferència de radiofreqüència (RFI) són molt majors que les associades a les TB modelades.

4. **Comparació de resultats** per tal de veure si el model està predient bé. Per tal d'avaluar que la introducció dels diferents canvis en els nivells de calibratge i reconstrucció d'imatges per a l'obtenció de les TB, s'han comparat aquestes, amb quatre conjunts diferents de dades de TB que es torba extensament explicat en [10]. Gràcies a les aportacions introduïdes s'aprecia una reducció dels biaixos sistemàtics en les regions properes a la terra, però mantenint l'apreciació d'anomalies introduïdes per característiques geofísiques concretes [10].

A partir de tota la informació obtinguda per tal de definir com seria el model a generar, el BEC va dissenyar els seus propis programes per poder generar el model amb les característiques definides anteriorment i obtenir fitxers model òrbita a òrbita amb les TB modelades, mesurades i altres paràmetres.

### **3.2. Diagrames Hovmoller amb el model SMOS de l'oceà**

Mitjançant l'obtenció d'un model de l'oceà relacionat amb l'SMOS es poden arribar a crear gràfiques Hovmoller a partir de la diferència entre la TB mesurada i la TB modelada. La gràfica situa les TB en latitud en funció del temps en el que aquestes van ser preses.

L'objectiu principal per plotejar aquestes gràfiques rau en poder evidenciar si les mesures que està prenent el satèl·lit tenen sentit o poden haver estat alterades pel deteriorament que comporta estar més de 10 anys en òrbita. Els components físics que formen el satèl·lit tenen una vida útil limitada i aquesta va ser estimada al voltant dels 6-7 anys, però degut als bons resultats dels últims anys encara pot ser útil la informació obtinguda per l'SMOS. Tal i com s'explica en [11] després de més de 6 anys de missió es va poder corroborar que les mesures que estava proporcionant el radiòmetre MIRAS seguien sent d'alta qualitat i es podia seguir millorant en el processat de les dades.

El motiu pel qual els Hovmoller es realitzen amb l'oceà és degut a la seva homogeneïtat que permet avaluar els resultats sense que hi pugui haver hagut alteracions humanes o terrestres puntuals. Més concretament, la millor opció per realitzar les gràfiques són les òrbites obtingudes del Pacífic degut a la seva gran extensió homogènia, única en el planeta Terra.

## 4. Procés d'obtenció del modelatge del BEC i integració en l'MTS

Un cop estem totalment situats en el context de com s'ha definit teòricament el model del BEC, passaré a explicar tot el procés que vam seguir per tal de posar-nos en contacte amb ells, entendre la seva forma de treball i finalment poder utilitzar les seves infraestructures tecnològiques per tal de generar el model tal com ens interessava a nosaltres. En tot aquest procés m'agradaria destacar l'ajuda que vam rebre per part de la Dra. Verònica Gonzalez en tot moment, ja que va ser la meua guia per tal d'obtenir el modelatge en qüestió i sempre es va preocupar per qualsevol problema que poguéssim tenir.

A principis de l'any 2021 vam iniciar els contactes via correu electrònic amb la Verònica per tal d'activar la lectura del model de l'oceà del BEC. Un cop vam posar en context a la Verònica del que volíem fer, se'ns van activar els permisos necessaris per tal d'accedir a les seves màquines de processat (Gaia) i vam acordar diferents reunions telemàtiques per tal que ella ens pogués explicar quins programes havíem de córrer a les seves màquines per tal d'obtenir els resultats desitjats.

### 4.1. Ús de Gaia i processat per a l'obtenció dels models

En aquest apartat faré una explicació del procediment que vaig seguir en el moment d'accedir a Gaia i realitzar el processat per tal d'obtenir el model del BEC. També, hi trobarem un manual en els Annexos que detalla tots els passos a seguir d'una forma molt més acurada per a que en treballs futurs es pugui completar el processat de tota la missió.

El primer que hem de fer és accedir a Gaia (*icorbella@gai*) mitjançant una connexió ssh amb les credencials assignades a l'usuari *icorbella*. Per temes de seguretat, abans de realitzar la connexió a gaia s'ha de passar per una màquina intermèdia que actua com a tallafocs, triton. Un cop hem passat per triton i hem accedit a gaia ens trobem en el directori personal de *icorbella (/home/icorbella)*, on tindrem una carpeta anomenada *Forlgnasi* on hi trobarem tots els fitxers necessaris per llançar el processat.

*Forlgnasi* està dividida en 3 directoris:

- **Scripts:** hi trobem els principals scripts a executar en bash per tal de generar els models. *Make\_touch.sh* s'encarrega de crear les llistes dels noms dels fitxers dels 3 mesos indicats al directori *tmp/ingestion\_fwm*. Per una altra banda, tenim *fwM\_UPC\_A* i *fwM\_UPC\_D* que són els scripts finals a llençar com a ordres als processadors de gaia per tal de generar els fitxers model del BEC al directori *outuputs*. *fwM\_UPC\_A* i *fwM\_UPC\_D* criden a la funció principal que s'encarrega de generar els fitxer model anomenada *BECchain\_fw*, que també la podem veure en aquest directori.

També hi trobarem una carpeta anomenada *logs* que és on es guardaran els fitxers error i fitxers output per tal de poder analitzar que s'ha obtingut com a resultat i en quins punts pot haver fallat l'execució.

- **Tmp:** hi trobem els directoris *tmp/ingestion\_fwm/ASC* i *tmp/ingestion\_fwm/DES* on es generen els fitxers llista amb tots els noms de les òrbites a crear (*lista\_ASC.sh* i *lista\_DES.sh*). Els fitxers llista són els últims a executar abans de llençar els processos *fwM\_UPC\_A* i *fwM\_UPC\_D* a la cua dels processadors.

- **Outputs:** hi trobem els directoris *outputs/FWM/ASC* i *outputs/FWM/DES* on s'emmagatzemen els fitxers resultants en directoris *Any/Mes/Dia* separats per òrbites ascendents i descendents.

Els fitxers obtinguts com a resultat de tot el processat són els que posteriorment hem obtingut en l'entorn UPC per tal de llegir-los i fer un nou processat que defineixi els fitxers de la manera més adient pel nostre software.

En el següent apartat veurem de manera més acurada tota la informació que s'obté en els fitxers model originals i amb quina ens quedem per tal d'optimitzar tot el procés.

#### 4.2. Informació continguda en els fitxers model i estructuració

Per tal de decidir la informació necessària a processar obtenir el modelatge de l'oceà, vam debatre per correu quins eren els valors estrictament necessaris que ens interessava obtenir del modelat a partir dels que ells mateixos generaven.

Vam rebre fitxers model mostra que ens facilitava la Verónica i allí vam poder veure tota la informació inicial que contenien aquests fitxers i a partir d'aquí l'Ignasi va poder decidir què seria tot el que ens faria falta obtenir.

Amb l'ajuda d'un script (*getBECvalues.m*) creat per tal de poder llegir els fitxers que generava Gaia podíem extreure en local la informació que s'obtenia en el processat que realitzava el BEC. En l'anàlisi de la informació obtinguda vam poder veure que s'emmagatzemaven una gran quantitat de paràmetres de tot tipus, dels quals molts d'ells no necessitàvem i en els posteriors processats podríem descartar per tal d'optimitzar el temps de processat i disminuir la mida per fitxer obtingut substancialment.

La informació original continguda en els fitxers model originals era la següent:

```

dades =
  struct with fields:
    y: [1x1 struct]
    x: [1x1 struct]
    lat: [1x1 struct]
    lon: [1x1 struct]
    Lambert_Azimuthal: [1x1 struct]
    joborder: [1x1 struct]
    SSS: [1x1 struct]
    SST: [1x1 struct]
    WSN: [1x1 struct]
    WSU: [1x1 struct]
    WSV: [1x1 struct]
    AirT: [1x1 struct]
    pressure: [1x1 struct]
    water_vapor: [1x1 struct]
    TBAtm: [1x1 struct]
    tau: [1x1 struct]
    measures: [1x1 struct]
    time: [1x1 struct]
    incidence_angle: [1x1 struct]
    x_swath: [1x1 struct]
    polarization: [1x1 struct]
    sun_flags: [1x1 struct]
    geometry_flags: [1x1 struct]
    TBFlat_H: [1x1 struct]
    TBFlat_V: [1x1 struct]
    TBROUGH_H: [1x1 struct]
    TBROUGH_V: [1x1 struct]
    TBGal_H: [1x1 struct]
    TBGal_V: [1x1 struct]
    TBSunglint_H: [1x1 struct]
    TBSunglint_V: [1x1 struct]
    TBBOA_H: [1x1 struct]
    TBBOA_V: [1x1 struct]
    measuredTBBOA_H: [1x1 struct]
    measuredTBBOA_V: [1x1 struct]
    measuredTBBOA_3: [1x1 struct]
    measuredTBBOA_4: [1x1 struct]
    radSensBOA_H: [1x1 struct]
    radSensBOA_V: [1x1 struct]
    radSensBOA_3: [1x1 struct]
    radSensBOA_4: [1x1 struct]
    outliersBOA: [1x1 struct]
    TBARF_X: [1x1 struct]
    TBARF_Y: [1x1 struct]
    TBARF_ReXY: [1x1 struct]
    TBARF_ImXY: [1x1 struct]
    measuredTBARF_X: [1x1 struct]
    measuredTBARF_Y: [1x1 struct]
    measuredTBARF_ReXY: [1x1 struct]
    measuredTBARF_ImXY: [1x1 struct]
    radSensARF_X: [1x1 struct]
    radSensARF_Y: [1x1 struct]
    radSensARF_XY: [1x1 struct]
    outliersARF: [1x1 struct]
    ra_angle: [1x1 struct]
    dec_angle: [1x1 struct]
    orientation_angle: [1x1 struct]
    rotation_angle: [1x1 struct]
    azimuth_angle: [1x1 struct]
    sun_azimuth_angle: [1x1 struct]
    sun_elevation_angle: [1x1 struct]

```

II-l·lustració 4: Informació emmagatzemada en en els fitxers model originals generats pel BEC

Totes les dades referents a paràmetres auxiliars per al càlcul dels models i altres dades geofísiques extra que s'emmagatzemaven per tal de fer ús en processats interns del BEC van ser descartades (El model original aporta moltes dades referents al sol, salinitat, vent, etc.). Únicament era necessari retenir la informació referent a les TB, tant mesurades com modelades, i les variables referents a la longitud, latitud, angle d'incidència, temps i polarització per tal d'ubicar geofísicament els valors de TB obtinguts i regenerar la variable que inclou la posició i orientació del satèl·lit, anomenada att (variable que no ens facilitaven ja que ells no la necessitaven i per tant no la guardaven, però necessari per nosaltres per a realitzar els posteriors càlculs) per a obtenir els valors de les coordenades en el sistema de cosinus directors (xi,eta) que utilitzem en l'MTS.

Finalment, el fitxer model amb les diferents variables que ens interessaven havia de quedar amb el següent format:

```
dades_res =
    struct with fields:
        TBARF_ImXY: [1x1 struct]
        TBARF_ReXY: [1x1 struct]
        TBARF_X: [1x1 struct]
        TBARF_Y: [1x1 struct]
        incidence_angle: [1x1 struct]
            lat: [1x1 struct]
            lon: [1x1 struct]
        measuredTBARF_ImXY: [1x1 struct]
        measuredTBARF_ReXY: [1x1 struct]
        measuredTBARF_X: [1x1 struct]
        measuredTBARF_Y: [1x1 struct]
        polarization: [1x1 struct]
        time: [1x1 struct]
```

Il·lustració 5: Informació emmagatzemada en els fitxers model reduïts pel BEC

Es pot veure com s'ha reduït substancialment la quantitat de variables a emmagatzemar. Concretament, hem passat d'un total de 61 a 13 variables amb dades.

A mode de resum, en les següents taules podem veure el contingut de fitxers que s'obtenen en cada cas i la capacitat que ocuparia. El nostre objectiu final va ser optimitzar tot el processat al màxim per tal d'obtenir la informació necessària amb la mínima capacitat d'emmagatzematge, ja que obtenir el modelatge original al llarg de tota la missió seria inviable pel que fa a rendiment.

### Fitxers model BEC original.nc

Mida mitjana d'una òrbita (MB)	80		
	1dia	1mes	1any
Nombre mitjà de fitxers A+D	28	840	10080
Mida mtjana (GB)	2,24	67,2	806,4

Taula 2: Resum de la mida dels fitxers originals del BEC. Resultat obtingut a partir de les poques mostres compartides per la Verònica

## Fitxers model BEC reduït.nc

Mida mitjana d'una òrbita (MB)	14,2089		
	<b>1dia</b>	<b>1mes</b>	<b>1any</b>
Nombre mitjà de fitxers A+D	28	840	10080
Mida mitjana (GB)	0,3939	11,817	141,804

Taula 3: Resum de la mida dels fitxers reduïts del BEC. Calculat mitjançant la mitja de la mida de tots els fitxers obtinguts de l'any 2018

### 4.3. Adaptació dels fitxers model del BEC a l'entorn de processat UPC

El primer objectiu per tal d'obtenir els fitxers model desitjats en l'entorn de processat UPC era poder obtenir de forma local els fitxers obtinguts a Gaia. Era necessari anar transferint els fitxers model que obteníem ja que en l'usuari que teníem assignat a Gaia ens van habilitar una capacitat d'emmagatzematge d'uns 50GB i per tant vam limitar el processat a 3 mesos, es a dir, un cop processats els 3 mesos assignats al script, havíem de migrar la carpeta on teníem els outputs a la meva màquina de treball UPC i posteriorment esborrar les dades de Gaia per poder llançar un nou processat de 3 mesos.

```
[icorbella@gaia ~]$ ls
ForIgnasi hola
[icorbella@gaia ~]$ cd ForIgnasi/
[icorbella@gaia ForIgnasi]$ ls
datos_prueba outputs scripts tmp
[icorbella@gaia ForIgnasi]$ cd outputs/
[icorbella@gaia outputs]$ ls
FWM
[icorbella@gaia outputs]$ cd FWM/
[icorbella@gaia FWM]$ cd ASC/
[icorbella@gaia ASC]$ ls
20160101 20160109 20160117 20160125 20160202 20160210 20160218 20160226
20160102 20160110 20160118 20160126 20160203 20160211 20160219 20160227
20160103 20160111 20160119 20160127 20160204 20160212 20160220 20160228
20160104 20160112 20160120 20160128 20160205 20160213 20160221 20160229
20160105 20160113 20160121 20160129 20160206 20160214 20160222 20160301
20160106 20160114 20160122 20160130 20160207 20160215 20160223
20160107 20160115 20160123 20160131 20160208 20160216 20160224
20160108 20160116 20160124 20160201 20160209 20160217 20160225
[icorbella@gaia ASC]$
```

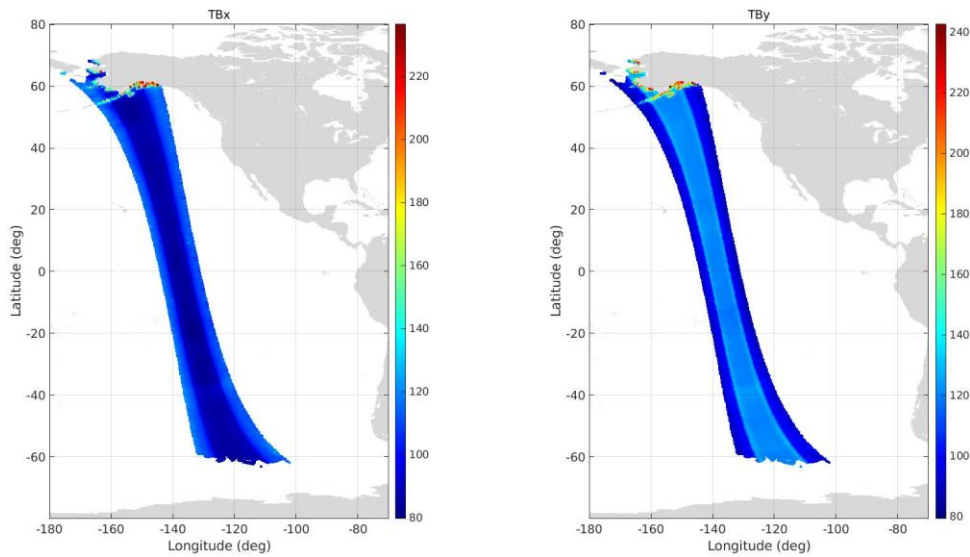
Il·lustració 6: Imatge de consola dels outputs obtingut a Gaia. Els fitxers s'emmagatzemen en /ASC/AnyMesDia ó /DES/AnyMesDia

A mesura que vam anar obtenint els primers fitxer resultants del processat a Gaia vam iniciar les proves per tal de llegir els fitxers .nc (extensió netcdf) i veure que podíem obtenir totes les dades necessàries en format Matlab. Amb l'ajuda del Dr. Ignasi Corbella vam preparar diferents funcions que ens permetien llegir els fitxers .nc del BEC.

Mitjançant la funció getBECvalues.m podem obtenir una estructura de dades amb totes les variables que es demanen en el vector d'strings que es passa com a entrada a la funció. D'aquesta manera vam podem obtenir les variables de TB (mesurades i modelades) resultants del processat a Gaia en format Matlab i ens va permetre analitzar si les dades obtingudes en cada un dels fitxers que analitzàvem tenien sentit i quadraven amb el que esperàvem. Per tal d'assegurar que els resultats fossin els correctes, mitjançant tstBECmodel.m, obteníem dos figures que ens permetien a cop d'ull veure que tot tenia sentit.

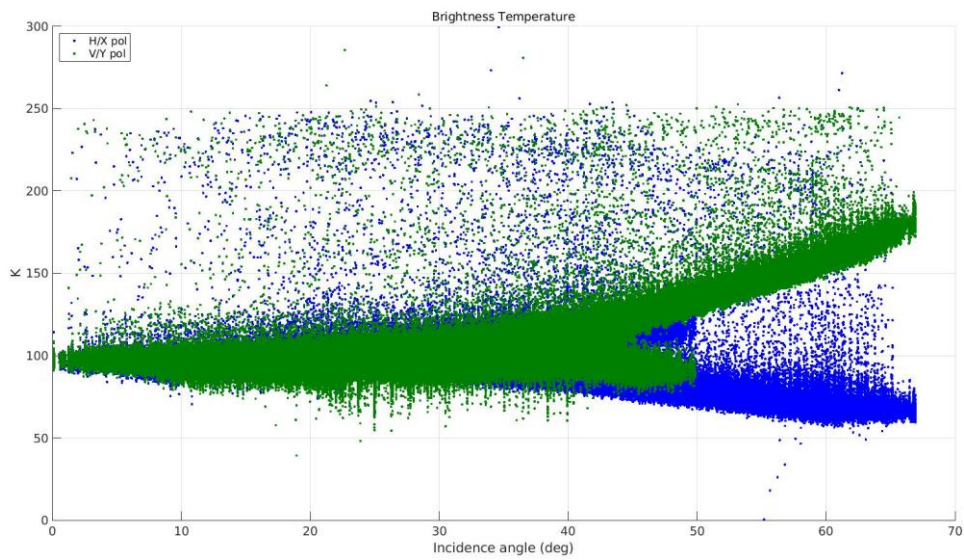
En primer lloc, pintàvem les TB obtingudes mitjançant la mitja de tots els angles d'incidència per cada punt en un mapa de la terra que ens permetia veure els resultats obtinguts per llur òrbita.

Per altra banda, plotejàvem TBx i TBy en funció de l'angle d'incidència d'obtenció de la



Il·lustració 7: TB obtingudes d'un fitxer model d'una òrbita descendent pintades sobre un mapa terrestre, a l'oceà Pacífic

mesura. En aquesta gràfica les dades de TBx han de tenir una mínima forma ascendent i les dades de TBy descendent.



Il·lustració 8: TBx i TBy en funció de l'angle d'incidència d'una òrbita descendent obtingudes d'un fitxer model

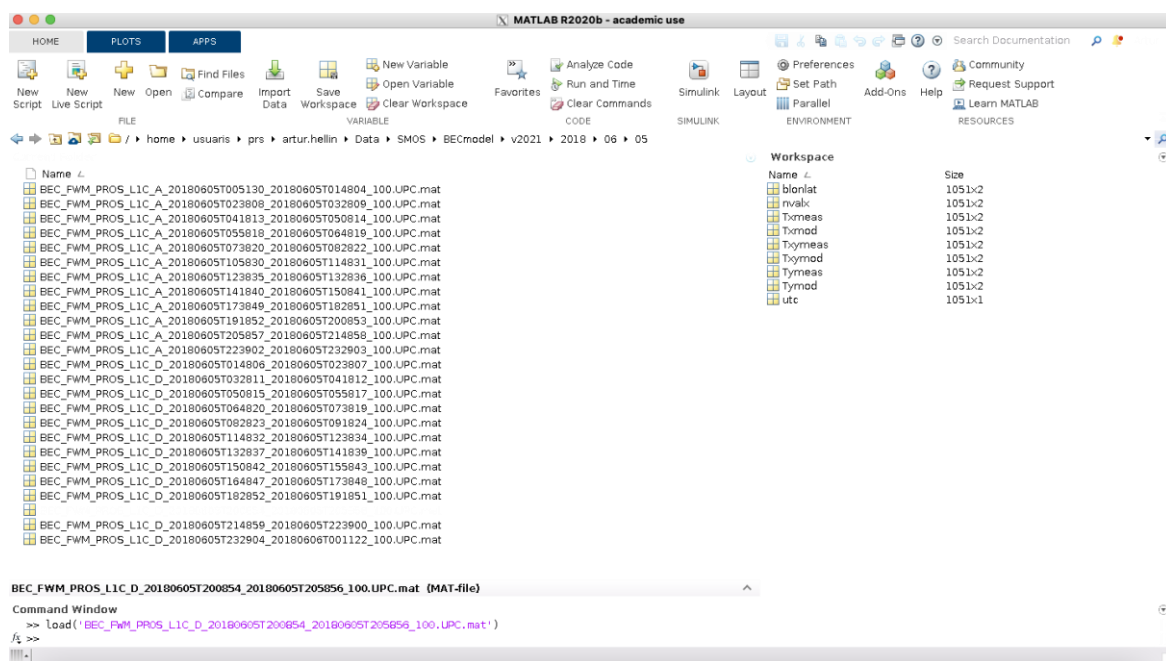
Gràcies a la funció `tstBECmodel.m`, que executa `getBECvalues.m` i dibuixar els plots esmentats anteriorment per l'òrbita que es passa com a variable vam poder comprovar que els resultats que estàvem obtenint del processat de Gaia eren els correctes, i per tant, podíem començar a fer un processat massiu.

Una vegada vam obtenir una quantitat raonable de informació original processada a Gaia (aproximadament 1 any de dades) vam començar a executar els nostres scripts de Matlab per tal de re-processar la informació obtinguda i adaptar els fitxers per a que posteriorment puguin ser usats en l'entorn de l'MTS.

L'script preparat per a obtenir els fitxers definitius processa un any d'informació original del BEC i reordena la informació en directoris progressius de Any/Mes/Dia agrupant òrbites ascendents i descendents ja que no fem cap tipus de separació a l'hora d'emmagatzemar els fitxers i sempre podran ser identificats mitjançant un identificador (A ó D) en el nom del fitxer.

En l'annex hi trobem el codi de la funció `BECmodel.m` on podem veure com la funció recorre totes les orbites ascendents o descendents d'un any per tal d'obtenir els fitxers resultants del model. El nom que se li assigna al fitxer resultant es de gran importància ja que ens permet situar temporalment les mesures obtingudes, identificar si és una òrbita ascendent o descendent i afegir la extensió `.UPC` al nom original del BEC.

La funció `createBECmodel.m` (també en l'annex) és l'encarregada de llegir l'òrbita `.nc` que se li passa com a entrada, processar-la i finalment, guardar un fitxer `.mat` al directori del dia corresponent amb el nom correctament assignat i les variables que ens interessin.



Il·lustració 9: Exemple de variables emmagatzemades en els fitxers model preparats per a l'entorn UPC del dia 5 de juny de 2018

#### 4.4. Resultats obtinguts

Finalment, presentaré tota la informació que s'ha pogut arribar a obtenir en la durada del projecte de final de grau que he realitzat i quin són els indicadors obtinguts a partir del processat ja realitzat.

Podem dividir l'obtenció del modelatge en dos branques diferenciades, el modelatge original obtingut des del BEC i, per altra banda, el modelatge obtingut per a l'ús en l'entorn UPC.

### Modelatge BEC:

En el processat realitzat a Gaia s'ha arribat a obtenir el modelatge de l'oceà pels anys 2018, 2017, 2016 i 2015. Tots aquests fitxers estan emmagatzemats en l'ordinador del departament 172.26.39.112 al directori */home/usuarios/prs/artur.hellin/Data/SMOS/BECmodel/FWM* i estan dividits per òrbites ascendents i descendents. L'extensió d'aquests fitxers és .nc i les característiques d'obtenció i capacitat són les següents:

	3 mesos	1 any
Temps de processat a Gaia	33-48 hores (*)	6-8 dies (*)
Temps d'obtenció Gaia-UPC	35 – 40 minuts	2,3 – 2,7 hores

Taula 4: Resum dels temps implicats en el processats del modelatge BEC

\*Marges obtinguts en les diferents vegades que s'ha realitzat el procés a Gaia (millor dels casos – pitjor dels casos)

	1 any	Al llarg de la missió SMOS (2010-2020)
Temps total d'obtenció del model (aprox.*)	8,5 dies	94 dies

Taula 5: Temps total del processat del modelatge BEC

\*Cal tenir en compte que tots els temps presentats són computacionals, on aquests poden variar en funció del estat de la cua del processador de Gaia i en el moment de la migració a l'entorn UPC hi poden haver variacions depenent de la qualitat de la connexió en aquell moment. A més a més, s'hauria d'afegir un temps addicional que comporta la tasca humana per tal de llençar els processos correctament.

Els fitxers resultants ja han estat retallats per tal d'optimitzar tot el procés i poder reduir hores de processat al màxim.

Amb les observacions aportades podem concloure que, de forma orientativa, el temps aproximat d'obtenció del model original del BEC són uns **9 dies per any i uns 3 mesos per a tota la missió.**

### Modelatge BEC-UPC:

Un cop vam poder obtenir el primer any de dades processades a Gaia i vam poder validar que eren correctes, estàvem preparats per arrencar paral·lelament el processat que realitzaríem amb Matlab per a obtenir els fitxers .mat finals.

En aquest processat s'utilitzen les funcions esmentades en apartats anteriors i degut a diferents problemes detectats a través d'errors retornats durant les proves realitzades es



va haver de descartar la següent informació (irrellevant a nivell de volum de dades, però necessari per un bon funcionament del processament):

- A causa d'uns problemes tècnics que va patir el repositori de dades del satèl·lit de la UPC alguns dels fitxers d'òrbita contingut en el directori DGPS contenen 0 bytes, és a dir, no hi havia cap mena d'informació. Si ens trobàvem en aquest cas, descartàvem obtenir informació d'aquella òrbita i saltem a la següent. El problema va ser solucionat i a partir de l'any 2017 ja es va poder usar el nou repositori amb totes les òrbites completes. Simplement, s'hauria de tornar a llençar el processat de 2018 per a acabar de completar la informació obtinguda amb les òrbites que en primer moment tenien 0 bytes.
- Un altre cas en el que acabem descartant l'òrbita és quan ens trobem en un marge de temps indicat pel fitxer model del BEC fora de qualsevol òrbita del repositori del dia en qüestió. En el moment d'anar a buscar l'òrbita corresponent al temps indicat pel fitxer del BEC no es troba cap òrbita relacionada i la variable L0vars (createBECmodel.m) a partir de la qual obtenim att es igual a 0, i per tant petaria el programa. La variable att es de gran importància ja que ens permet saber el nombre d'snapshots vàlids que analitzarem de l'òrbita en qüestió i encara més important ja que ens permet obtenir els field of view en punts de xi-eta.
- Per altra part, en el cas que per un temps determinat hi hagués menys de 10 mesures de TB relacionades a llur temps en una determinada posició, descartàvem aquell snapshot i saltàvem al següent ja que Matlab no permet interpolar amb tan poques dades mitjançant la funció griddata. En aquest cas la pèrdua d'informació es molt petita.

A dia d'avui s'ha arribat a obtenir dades en fitxers .mat dels anys 2018, 2017 i 2016. Cal tenir en compte que els temps de processats calculats són referents a les característiques computacionals de l'ordinador 172.26.39.112.

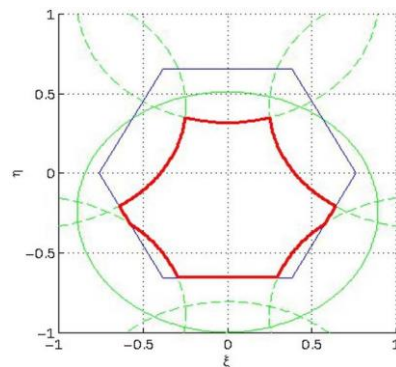
	1 dia	1 mes	1 any	Missió SMOS (2010-2020)
Temps de processat	23,75'(*)	11,88 hores	5,95 dies	65,45 dies

Taula 6: Temps de processat del modelatge BEC-UPC

\*Temps calculat amb la mitja de la durada de tots els dies de l'any 2017 (assumint que tarda el mateix per les òrbites ascendents i descendents)

Tenint en compte que cal afegir un cert temps que implica la tasca humana per llençar el processat, podem concloure que el temps d'obtenció del modelatge .mat de tota la missió és d'uns **2 mesos i 10 dies**.

Les dades de temperatura de brillantor obtingues, tant modelades com mesurades, es guarden en dues columnes, la primera pel EAFFOV (extended alias free field-of-view) i la segona pel HFOV (hexagonal field-of-view).



Il·lustració10: EAFFOV (vermell) i HFOV (blau)

Tots els fitxers definitius del model BEC-UPC els podem trobar en l'ordinador 172.26.39.112 al directori `/home/usuarios/prs/artur.hellin/Data/SMOS/BECmodel/v2021`.

## 5. Pressupost

Els costos a considerar en aquest projecte són els següents:

- Ordinador comprat per tal de poder realitzar totes les tasques de processat. Va ser necessari comprar-ne un de nou al inici del projecte ja que no disposàvem d'un lloc on es pogués realitzar el processat i emmagatzematge de la gran quantitat de dades que es generarien.
- Llicència estudiant de Matlab.
- Costos de electricitat i wifi.
- Mà d'obra

	Cost parcial
<b>Ordinador</b>	1500 €
<b>Llicència</b>	35 €
<b>Wifi</b>	20€ * 8mesos = 160 €
<b>Electricitat</b>	10€ * 8mesos = 80 €
<b>Mà d'obra</b>	450h(18ECTS)*9€/hora = 4050 €

Taula 7: Costos parcials del projecte

<b>Cost total</b>	<b>5825 €</b>
-------------------	---------------

Taula 8: Cost total del projecte

## 6. Conclusions i futurs treballs:

Un cop hem obtingut un cert volum de dades del model desitjat, podem extreure conclusions a nivell del que suposa haver pogut obtenir aquesta informació, i per altra part, que ha suposat per un estudiant de Telecomunicacions com jo realitzar un projecte d'aquest tipus.

Primer de tot cal recordar que el principal objectiu del projecte era l'obtenció del model de l'oceà creat pel BEC, i aquest, podem concloure que ha estat assolit. Primerament, perquè s'han obtingut les dades dels diferents anys que ha donat temps a processar, i també, degut a que s'ha arribat a definir un procediment complet a través del qual sempre és pot recórrer per a obtenir qualsevol informació que pugui ser interessant. A partir de tots els scripts emmagatzemats en l'usuari de Gaia icorbella i fent ús del manual preparat en el projecte es pot arribar a obtenir qualsevol dada referent al model del BEC.

Obtenir un nou model de l'oceà pot arribar a ser molt productiu pels diferents estudis que es puguin desenvolupar en el departament a partir d'ara. A més a més, degut a que anteriorment només es tenien dades d'un model, el model OFM, a partir d'ara es podran realitzar comparatives amb tots dos que permetrà donar una nova visió als estudis que es puguin realitzar a partir de models.

A nivell de processat, podem concloure, que obtenir els fitxers model originals de marges temporals una mica grans amb totes les dades que es generen inicialment és inviable a nivell d'eficiència computacional i d'emmagatzematge. En el cas de necessitar alguna dada concreta per pocs dies es pot estudiar la seva viabilitat.

Fitxers originals .nc	Fitxers reduïts .nc	Fitxers BEC-UPC .mat
806 GB	141 GB	1.2 GB

Taula 9: Mida mitjana d'ocupació de les dades d'un any sencer

Veient els resultats obtinguts podem donar-nos compte que l'extensió netcdf es troba força obsoleta degut al seu difícil tractament i gran ocupació de memòria.

Per altra banda, diferents treballs futurs a realitzar a partir de la feina realitzada en aquest projecte serien els següents.

En primer lloc, cal acabar de completar el processat de les dades a Gaia per tal d'obtenir el model al llarg dels anys de la missió. Paral·lelament s'ha d'acabar de realitzar l'adaptació dels fitxer .nc amb el processat definit amb Matlab en l'MTS per a que el model pugui ser útil en l'entorn de treball UPC.

Una vegada s'hagin obtingut totes les dades model al llarg dels anys que ens interessin, cal validar que totes aquestes tenen sentit i per tant, són correctes. I a partir d'aquest moment es poden començar a realitzar càlculs d'estabilitat i obtenció de Hovmollers.

Més endavant, quan s'hagi pogut obtenir resultats a partir del model FWM (BEC-UPC), es podran realitzar comparatives amb els estudis d'altres models i més concretament amb el model OFM, ja que és el que ha treballat l'escola anteriorment. Amb tots aquests estudis realitzats s'espera poder extreure conclusions fermes del funcionament real del satèl·lit.

Per altra banda, haver pogut realitzar aquest projecte m'ha fet aprendre el que realment comporta treballar amb dades generades per un satèl·lit i tota la feina que hi ha post-lançament amb l'objectiu d'obtenir resultats a nivell global. La interpretació de les dades acaba sent tant o més important que la pròpia obtenció. Optimitzar processos i descartar informació redundant és tant important com qualsevol altra tasca.

Finalment, mitjançant l'estudi de la salinitat dels oceans i la humitat del sòl es poden observar canvis que pateix el nostre planeta, i més concretament, quins canvis està patint el bé natural més valuós que tenim, l'aigua. En els propers reptes que ha d'afrontar la societat d'avui en dia per lluitar contra el canvi climàtic, l'SMOS pot ser una eina molt útil per entendre com evoluciona l'aigua.

## 7. Bibliografia

- [1] Piles, M. (Juny 2010). *Multiscale soil moisture retrievals from microwave remote sensing observations*.
- [2] IDEAS+, S. t. (s.f.). *earth.esa*. Obtenido de earth.esa: [https://earth.esa.int/web/sppa/long\\_term\\_monitoring\\_results/payload\\_calibration](https://earth.esa.int/web/sppa/long_term_monitoring_results/payload_calibration)
- [3] Swift, L., & Klein, C. (January 1977). An improved model for the dielectric constant of sea water at microwave frequencies. En IEEE, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* (págs. 104 - 111).
- [4] Zine, S. (March 2008). Overview of the SMOS Sea Surface Salinity Prototype Processor. En IEEE, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* (págs. 621-645).
- [5] Guimbard, S., Gourrion, J., Portabella, M., Turiel, A., Gabarro, C., & Jordi, F. (Abril 2012). SMOS Semi-Empirical Ocean Forward Model Adjustment. En IEEE, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* (págs. 1676 - 1687).
- [6] Tenerelli, J., Reul, N., Mouche, A., & Chapron, B. (Març 2008). Earth-Viewing L-Band Radiometer Sensing of Sea Surface Scattered Celestial Sky Radiation—Part I: General Characteristics. En IEEE, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* (págs. 659 - 674).
- [7] Reul, N., Tenerelli, J., Chapron, B., & Waldteufel, P. (Juny 2007). Modeling Sun Glitter at L-Band for Sea Surface Salinity Remote Sensing With SMOS. En IEEE, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* (págs. 2073 - 2087).
- [8] L2OS. (2014). *SMOS L2 OS Algorithm Theoretical Baseline Document*.
- [9] Sabater, J., & De Rosnay, P. (Desembre 2010). *Milestone 2 Tech Note - Parts 1/2/3: Operational Pre-processing chain, Collocation software development and Offline monitoring suite*. ECMWF.
- [10] Gonzalez-Gumbau, V., Olmedo, E., Martínez, J., Turiel, A., & Duran, I. (2017). Improvements on Calibration and Image Reconstruction of SMOS for Salinity Retrievals in Coastal Regions.
- [11] Martín-Neira, M., Oliva, R., Corbella, I., Torres, F., Duffo, N., Durán, I., & etc. (s.f.). SMOS instrument performance and calibration after six years in orbit. En *Remote Sensing of Environment*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425716300645>

## Annexos

### **Funció principal - BECmodel.m. (executa recursivament createBECmodel.m)**

```
function BECmodel(yearnum)

asc='/home/usuaris/prs/artur.hellin/Data/SMOS/BECmodel/FWM/ASC/';
%directori amb òrbites ascendents
asc=fullfile(asc,sprintf('%4d',yearnum));
des='/home/usuaris/prs/artur.hellin/Data/SMOS/BECmodel/FWM/DES/';
%directori amb òrbites descendents
des=fullfile(des,sprintf('%4d',yearnum));
[rootdir,repodir]=getrootdir; %obtenim el rootdir, directori general
on s'emmagatzemen les dades de sortida

for i=1:12
    for j=1:31 %recorrem tots els mesos i dies de l'any
        fwm_dir=fullfile(asc,sprintf('%4d%02d%02d',yearnum,i,j));
%directori/dia a processar
        s = dir(fwm_dir); %obtenim informació addicional del
directori
        if ((i==2 && j==30) || ((i==4 || i==6 || i==9 || i==11) &&
j==31)), break; end %descartem dies que no existeixen
        %if (i==1 && j==12); continue; end
        trange=strfields(s(3).name,'_',[6 7]);
        anno=trange{1}(1:4);mes=trange{1}(5:6);dia=trange{1}(7:8);
%any més i dia d'inici
        Moddir=fullfile(rootdir,'BECmodel','v2021',anno,mes,dia);
%directori on s'emmagatzemen les dades de sortida dins rootdir
        if ~isdir(Moddir), mkdir(Moddir); end

        for k=3:length(s)
            file = strcat(s(k).folder,'/',s(k).name);
            [pathstr,exist_file,ext]=fileparts(file);
            exist_file = strcat(exist_file,'.UPC','.mat'); %definim
el nom del fitxer
            cd (Moddir);
            if (exist(exist_file))==2; continue; end
            createBECmodel(file, Moddir); %executem recursivament la
funció que genera els fitxers .mat per totes les òrbites del dia
            end
        end
    end
end

for i=1:12
    for j=1:31 %recorrem tots els mesos i dies de l'any
        fwm_dir=fullfile(des,sprintf('%4d%02d%02d',yearnum,i,j));
%directori/dia a processar
        s = dir(fwm_dir); %obtenim informació addicional del
directori
        if ((i==2 && j==30) || ((i==4 || i==6 || i==9 || i==11) &&
j==31)), break; end %descartem dies que no existeixen
        %if (i==1 && j==12); continue; end
    end
end
```

```
trange=strfields(s(3).name,'_',[6 7]);
anno=trange{1}(1:4);mes=trange{1}(5:6);dia=trange{1}(7:8);
%any més i dia d'inici
Moddir=fullfile(rootdir,'BECmodel','v2021',anno,mes,dia);
%directori on s'emmagatzemen les dades de sortida dins rootdir
if ~isdir(Moddir), mkdir(Moddir); end

for k=3:length(s)
    file = strcat(s(k).folder,'/',s(k).name);
    [pathstr,exist_file,ext]=fileparts(file);
    exist_file = strcat(exist_file,'.UPC','.mat'); %definim
el nom del fitxer
    cd (Moddir);
    if (exist(exist_file))==2; continue; end
    createBECmodel(file, Moddir); %executem recursivament la
funció que genera els fitxers .mat per totes les òrbites del dia
    end

end

end

end
```



## Funció createBECmodel.m

```
function createBECmodel(filename,Moddir)
%to read ocean model data from BEC files and create local files to
use in
%Hovmoller and Stability plots
%input parameter
% filename: netcdf file with BEC model
%1-3-21
if
isequal(filename,'/home/usuaris/prs/artur.hellin/Data/SMOS/BECmodel/F
WM/DES/2018/20180927/BEC_FWM_PROS_L1C__20180927T164721_20180927T17512
8_100.nc')
return
end
if
isequal(filename,'/home/usuaris/prs/artur.hellin/Data/SMOS/BECmodel/F
WM/DES/2018/20180801/BEC_FWM_PROS_L1C_D_20180801T163016_20180801T1720
17_100.nc')
return
end
if
isequal(filename,'/home/usuaris/prs/artur.hellin/Data/SMOS/BECmodel/F
WM/ASC/2018/20180801/BEC_FWM_PROS_L1C_A_20180801T172019_20180801T1810
20_100.nc')
return
end

if
isequal(filename,'/home/usuaris/prs/artur.hellin/Data/SMOS/BECmodel/F
WM/ASC/2018/20180927/BEC_FWM_PROS_L1C_A_20180927T164721_20180927T1751
28_100.nc')
return
end

if ~exist(filename,'file')
fprintf('%s does not exist\n',filename)
return
end

dades=netcdf2struct(filename,'includeatt');
[lon,lat,ia,t,pol]=getBECvalues(dades,'lon','lat','incidence_angle','
time','polarization');
utcB=datetime('1-Jan-2000')+t; %UTC read from BEC file
utcu=unique(utcB(~isnan(utcB))); %unique time

measured_nms={'measuredTBARF_X','measuredTBARF_Y','measuredTBARF_ReXY
','measuredTBARF_ImXY'};%measurements
[measured_TBx,measured_TBy,measured_TBxyR,measured_TBxyI]=getBECvalue
s(dades,measured_nms{:});
nms={'TBARF_X','TBARF_Y','TBARF_ReXY','TBARF_ImXY'}; %Model
[TBx,TBy,TBxyR,TBxyI]=getBECvalues(dades,nms{:});

%recover att from UPC repository level 0 data of the same date read
[rootdir,repodir]=getrootdir;
[Y,M,D]=datevec(utcB(1));
```

```

dbldir=fullfile(repodir,sprintf('%4d/%02d/SMOSL0_%4d%02d%02d',Y,M,Y,M
,D),'dbl');
L0vars=TPRprocessor(dbldir,struct('outdir','struct','utcrange',utcu([
1 end])));
if isempty(L0vars), return; end
att=L0vars.att;

%match level 0 and BEC times
utcdbl=[att.tsnp]'; %level 0 time
quins=interp1(utcdbl,1:length(utcdbl),utcu,'nearest','extrap');
%indices of nearest BEC time
DT=(utcdbl(quins)-utcu)*24*60*60; %time difference between both sets
in sec
%discard all epochs difereng more than 0.1 seconds (usually DT is
exactly zero)
no=abs(DT)>0.1;
utcu(no)=[];
quins(no)=[];
utcdbl=utcdbl(quins);
att=att(quins);
%max(abs(utcdbl-utcu)*24*60*60) %to check: Must be zero !!
ns=length(att); %number of usable snapshots in the orbit

%Get the TB for each snapshot
NT=64;d=0.875;
[xiH,etaH]=Hgrid(64,0.875);
fov0=fovshape(d,[],[],0.125); %reduced AF-FOV
[~,dins0]=infov([],xiH,etaH,fov0); %points inside fov
Txmod=zeros(ns,2);%columns: AF,EAF
Tymod=zeros(ns,2);%columns: AF,EAF
Txymod=zeros(ns,2);%columns: AF,EAF
Txmeas=zeros(ns,2);%columns: AF,EAF
Tymeas=zeros(ns,2);%columns: AF,EAF
Txymeas=zeros(ns,2);%columns: AF,EAF
nvalx=zeros(ns,2);%numver of valid points AF, EAF
nvaly=zeros(ns,2);
nvalxy=zeros(ns,2);

for ii=1:ns
    if rem(ii,50)==0, disp(ii); end
    idx=utcB==utcu(ii);%index of BEC variables correspodng to this
time
    if numel(find(idx(:))) < 10; continue; end
    Tx=double(TBx(idx)); %BEC brightness temperature
    Ty=double(TBy(idx));
    Txy=double((TBxyR(idx)+1j*TBxyI(idx)));
    measured_Tx=double(measured_TBx(idx)); %measured brightness
temperature
    measured_Ty=double(measured_TBy(idx));
    measured_Txy=double(measured_TBxyR(idx)+1j*measured_TBxyI(idx));
    [~,J]=ind2sub(size(utcB),find(idx)); %J is the lat/lon index
    Lon=double(lon(J));Lat=double(lat(J)); %longitude/latitude grid
points of this snapshot

    fov=fovshape(d,att(ii),[],0.125); %reduced fov
    ll=xieta2earth([xiH(:) etaH(:)],att(ii)); %longitude/latitude of
the xi-eta points

```

```
[~,dins]=infov([],xiH,etaH,fov);%points inside the field of view

Txinterp=nan(size(xiH));
measured_Txinterp=nan(size(xiH));
Txinterp(dins)=griddata(Lon,Lat,Tx,ll(dins,1),ll(dins,2));

measured_Txinterp(dins)=griddata(Lon,Lat,measured_Tx,ll(dins,1),ll(dins,2));

Txmod(ii,1)=mean(Txinterp(dins0),'omitnan'); %TBx dins el FOV
Txmod(ii,2)=mean(Txinterp(dins),'omitnan'); %TBx dins el
extendedFOV
Txmeas(ii,1)=mean(measured_Txinterp(dins0),'omitnan');
%measured_TBx dins el FOV
Txmeas(ii,2)=mean(measured_Txinterp(dins),'omitnan');
%measured_TBx dins el extendedFOV

Tyinterp=nan(size(xiH));
measured_Tyinterp=nan(size(xiH));
Tyinterp(dins)=griddata(Lon,Lat,Ty,ll(dins,1),ll(dins,2));

measured_Tyinterp(dins)=griddata(Lon,Lat,measured_Ty,ll(dins,1),ll(dins,2));

Tymod(ii,1)=mean(Tyinterp(dins0),'omitnan'); %TBy dins el FOV
Tymod(ii,2)=mean(Tyinterp(dins),'omitnan'); %TBy dins el
extendedFOV
Tymeas(ii,1)=mean(measured_Tyinterp(dins0),'omitnan');
%measured_TBy dins el FOV
Tymeas(ii,2)=mean(measured_Tyinterp(dins),'omitnan');
%measured_TBy dins el extendedFOV

Txyinterp=nan(size(xiH));
measured_Txyinterp=nan(size(xiH));
Txyinterp(dins)=griddata(Lon,Lat,Txy,ll(dins,1),ll(dins,2));

measured_Txyinterp(dins)=griddata(Lon,Lat,measured_Txy,ll(dins,1),ll(dins,2));

Txymod(ii,1)=mean(Txyinterp(dins0),'omitnan'); %TBy dins el FOV
Txymod(ii,2)=mean(Txyinterp(dins),'omitnan'); %TBy dins el
extendedFOV
Txymeas(ii,1)=mean(measured_Txyinterp(dins0),'omitnan');
%measured_TBy dins el FOV
Txymeas(ii,2)=mean(measured_Txyinterp(dins),'omitnan');
%measured_TBy dins el extendedFOV

nvalx(ii,1)=sum(~isnan(Txinterp(dins0)));
nvalx(ii,2)=sum(~isnan(Txinterp(dins)));

nvaly(ii,1)=sum(~isnan(Tyinterp(dins0)));
```

```
nvaly(ii,2)=sum(~isnan(Tyinterp(dins)));

nvalxy(ii,1)=sum(~isnan(Txyinterp(dins0)));
nvalxy(ii,2)=sum(~isnan(Txyinterp(dins)));
%to see images
%{
figure(4);clf
scatter(Lon,Lat,[],Ty,'.')
uu=axis;
figure(6);clf
scatter(ll(:,1),ll(:,2),[],Tyinterp(:),'.')
axis(uu)
%}

end

blonlat=boresight(att); %boresight latitude and longitude
utc=[att.tsnp]'; %time to put in output file

[pathstr,name,ext]=fileparts(filename);
name=strcat(name, '.UPC');
%mkdir(rootdir, 'BECmodel');
%modelfile=fullfile(rootdir, 'BECmodel', [name '.mat']);
modelfile=fullfile(Moddir, [name '.mat']); %dir perparat per us a la
funció
%BECmodel
save(modelfile, 'Txmod', 'Txmeas', 'Tymod', 'Tymeas', 'Txymod', 'Txymeas', '
utc', 'blonlat', 'nvalx');
end
```

## MANUAL D'OBTENCIÓ DEL MODEL GENERAT PEL BEC

L'objectiu d'aquest document és detallar tots els passos necessaris per a poder accedir a l'entorn de processat del Barcelona Expert Center (BEC d'ara en endavant) i obtenir els fitxers model de l'oceà generats per ells i que poden ser de gran utilitat en la missió SMOS (Soil Moisture Ocean Salinity).

El Dr. Ignasi Corbella és la persona que ha mantingut contacte amb el BEC els darrers anys i és qui té creat un usuari dins de Gaia per tal de fer ús de les infraestructures tecnològiques del BEC. Per tant, el primer pas és contactar amb ell per a obtenir les credencials necessàries per accedir-hi.

A continuació es detallen els passos necessaris per a llençar el processament del model de l'oceà:

1. Mitjançant una connexió ssh ens connectem, primerament, a triton (passarel·la de seguretat) i des de triton ens connectem a Gaia. Es demanen credencials en cada connexió.

```
1. ssh icorbella@triton.cmima.csic.es -oKexAlgorithms+=diffie-hellman-  
group1-sha1  
  
2. ssh -Y icorbella@gaia.cmima.csic.es
```

2. Ens trobarem al directori `/home/icorbella`. Accedim a `/ForIgnasi/scripts` i obrim el fitxer `make_touch.sh` amb qualsevol editor de text.

```
GNU nano 2.3.1                                Fichero: make_touch.sh  
  
fecha=201610  
dirA=/mnt/lustre/users/estrella/BLACKSEAPRODV2/outputs/L1C/ASC/${fecha}*/  
dirD=/mnt/lustre/users/estrella/BLACKSEAPRODV2/outputs/L1C/DES/${fecha}*/  
  
ls ${dirA} | grep PROS > ../tmp/ingestion_fwm/ASC/lista_ASC.sh  
ls ${dirD} | grep PROS > ../tmp/ingestion_fwm/DES/lista_DES.sh  
  
fecha=201611  
  
dirA=/mnt/lustre/users/estrella/BLACKSEAPRODV2/outputs/L1C/ASC/${fecha}*/  
dirD=/mnt/lustre/users/estrella/BLACKSEAPRODV2/outputs/L1C/DES/${fecha}*/  
  
ls ${dirA} | grep PROS >> ../tmp/ingestion_fwm/ASC/lista_ASC.sh  
ls ${dirD} | grep PROS >> ../tmp/ingestion_fwm/DES/lista_DES.sh  
  
fecha=201612  
  
dirA=/mnt/lustre/users/estrella/BLACKSEAPRODV2/outputs/L1C/ASC/${fecha}*/  
dirD=/mnt/lustre/users/estrella/BLACKSEAPRODV2/outputs/L1C/DES/${fecha}*/  
  
ls ${dirA} | grep PROS >> ../tmp/ingestion_fwm/ASC/lista_ASC.sh  
ls ${dirD} | grep PROS >> ../tmp/ingestion_fwm/DES/lista_DES.sh
```

Podem editar els camps *fecha* escollint els 3 mesos, com a màxim, que volem llençar en un mateix processat. Guardem el fitxer i executem l'script en terminal per generar les llistes amb tots els noms de cada un dels fitxers que es generaran.

```
3. [icorbella@gaia scripts]$ sh make_touch.sh
```

3. Ens movem al directori `/home/icorbella/Forlgnasi/tmp/ingestion_fwm/ASC` i obrim el fitxer `lista_ASC.sh` amb qualsevol editor de text per tal de realitzar la següent modificació:

- Cal afegir davant de cada òrbita la paraula "touch". Per agilitzar l'acció podem utilitzar la drecera de "buscar i reemplaçar" que facilita qualsevol editor de text (si l'edició es fa des de nano, les comandes per realitzar-ho són `cntrl W + cntrl R`).

El fitxer ha de quedar de la forma següent:

```
GNU nano 2.3.1                               Fitxer: lista_ASC.sh
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T012051_20161001T021052_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T030055_20161001T035057_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T044100_20161001T053102_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T062103_20161001T071104_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T080108_20161001T085109_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T094113_20161001T103114_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T112117_20161001T121119_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T130122_20161001T135123_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T144127_20161001T153126_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T162130_20161001T171131_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T180134_20161001T185136_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T194139_20161001T203140_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T212144_20161001T221145_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161001T230149_20161001T235150_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T004435_20161002T013153_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T022156_20161002T031158_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T040201_20161002T045202_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T054206_20161002T063207_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T072211_20161002T080705_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T090552_20161002T095215_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T104218_20161002T113219_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T122223_20161002T131224_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T140228_20161002T145229_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T154233_20161002T163234_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T172238_20161002T181239_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T190240_20161002T195241_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T204245_20161002T213246_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161002T222250_20161002T231251_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T014300_20161003T023301_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T032304_20161003T041306_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T050307_20161003T055308_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T064312_20161003T073313_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T082317_20161003T091318_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T100321_20161003T105323_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T114326_20161003T123327_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T132331_20161003T141330_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T150334_20161003T155335_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T164338_20161003T173340_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T182343_20161003T191345_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T200348_20161003T205349_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T214353_20161003T223352_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161003T232355_20161004T000428_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T005436_20161004T015402_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T024405_20161004T033406_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T042410_20161004T051411_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T060415_20161004T065416_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T074420_20161004T083419_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T092422_20161004T101423_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T110427_20161004T115428_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T124437_20161004T133428_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T142437_20161004T151438_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T160442_20161004T165443_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T174444_20161004T183445_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T192449_20161004T201450_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T210454_20161004T215455_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161004T224459_20161004T233500_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161005T002437_20161005T011505_100.nc
touch BEC ____PROS_L1C_A_20161005T020508_20161005T025510_100.nc

^G Ajuda          ^O Desa          ^R Llegeix       ^Y Pàg Ant
^X Surt          ^J Justifica     ^W Cerca        ^V Pàg Seg
```

Repetim la mateixa acció pel fitxer lista\_DES.sh que es troba al directori */home/icorbella/Forlgnasi/tmp/ingestion\_fwm/DES*.

- Un cop tenim ambdós fitxers editats, executem cada un d'ells des del mateix directori on es troben i es crearan les llistes necessàries al directori ingestion.

```

4. [icorbella@gaia ASC]$ sh lista_ASC.sh
5. [icorbella@gaia DES]$ sh lista_DES.sh
  
```

- Finalment, ens desplaçem al directori */home/icorbella/Forlgnasi/scripts* i llancem a Gaia els processos per tal de generar els fitxers model.

```

6. [icorbella@gaia scripts]$ sbatch fwM_UPC_A
7. [icorbella@gaia scripts]$ sbatch fwM_UPC_D
  
```

En aquest moment es troben llençats els processos a la cua de Gaia:

- Per veure la cua de processos, quant temps porten, l'estat, etc.

squeue

```

[icorbella@gaia scripts]$ squeue
JOBID PARTITION   NAME       USER  ST        TIME  NODES NODELIST(REASON)
317363      main GEOMTSNO  mumbert R  9-00:23:49    1 c1-7
281759      main   mode     valles R 26-22:14:16    1 c1-8
271636      main A3_more_  emilio  R 35-21:53:39    1 c1-7
318430      main RegMEM_  mmartin R  1-00:15:39    1 c1-7
218750      main MCA_exte  mmartin R 52-00:21:26    1 c1-5
218743      main MCA_exte  mmartin R 52-00:25:02    1 c1-6
218747      main   bash    mmartin R 52-00:29:21    1 c1-6
218746      main   bash    mmartin R 52-00:29:36    1 c1-8
318363      main sjcIA_Bi  morane  R  3-00:00:48    2 c1-[5,7]
318434      main fwUPCD01 icorbell R  21:20:06    1 c1-8
318433      main fwUPCA01 icorbell R  21:20:12    1 c1-7
314727      main ASL-1 ainagarc R 16-19:20:25    1 c1-7
314726      main ASL-1 ainagarc R 16-19:20:28    1 c1-7
314710      main ASL-1 ainagarc R 16-22:17:23    1 c1-7
204957      main ASL-1 ainagarc R 53-18:34:47    1 c1-6
204958      main ASL-1 ainagarc R 53-18:34:47    1 c1-6
204959      main ASL-1 ainagarc R 53-18:34:47    1 c1-6
204960      main ASL-1 ainagarc R 53-18:34:47    1 c1-6
204961      main ASL-1 ainagarc R 53-18:34:47    1 c1-6
204951      main ASL-1 ainagarc R 53-18:35:17    1 c1-5
204952      main ASL-1 ainagarc R 53-18:35:17    1 c1-5
204953      main ASL-1 ainagarc R 53-18:35:17    1 c1-6
204954      main ASL-1 ainagarc R 53-18:35:17    1 c1-6
204955      main ASL-1 ainagarc R 53-18:35:17    1 c1-6
204956      main ASL-1 ainagarc R 53-18:35:17    1 c1-6
316110      main ASL-1 ainagarc R  9-16:00:22    1 c1-2
316109      main ASL-1 ainagarc R  9-16:00:35    1 c1-8
316108      main ASL-1 ainagarc R  9-16:07:01    1 c1-8
316107      main ASL-1 ainagarc R  9-16:07:02    1 c1-8
316103      main ASL-1 ainagarc R  9-18:21:54    1 c1-8
316104      main ASL-1 ainagarc R  9-18:21:54    1 c1-8
316105      main ASL-1 ainagarc R  9-18:21:54    1 c1-8
316106      main ASL-1 ainagarc R  9-18:21:54    1 c1-8
316098      main ASL-1 ainagarc R  9-22:38:06    1 c1-8
316099      main ASL-1 ainagarc R  9-22:38:06    1 c1-8
316100      main ASL-1 ainagarc R  9-22:38:06    1 c1-8
316101      main ASL-1 ainagarc R  9-22:38:06    1 c1-8
316102      main ASL-1 ainagarc R  9-22:38:06    1 c1-8
315892      main ASL-1 ainagarc R 14-19:29:39    1 c1-4
315893      main ASL-1 ainagarc R 14-19:29:39    1 c1-4
315887      main ASL-1 ainagarc R 14-19:29:42    1 c1-5
315888      main ASL-1 ainagarc R 14-19:29:42    1 c1-3
315889      main ASL-1 ainagarc R 14-19:29:42    1 c1-3
315890      main ASL-1 ainagarc R 14-19:29:42    1 c1-3
315891      main ASL-1 ainagarc R 14-19:29:42    1 c1-4
315886      main ASL-1 ainagarc R 14-19:29:45    1 c1-5
314769      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:29    1 c1-5
314765      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:47    1 c1-5
314766      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:47    1 c1-5
314767      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:47    1 c1-5
314768      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:47    1 c1-5
314762      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:50    1 c1-6
314763      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:50    1 c1-6
314764      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:50    1 c1-5
314768      main ASL-1 ainagarc R 15-16:04:53    1 c1-7
[icorbella@gaia scripts]$
  
```

Podem veure el nostres processos llençats amb un jobID assignat.

- Per matar un procés, en cas d'error, podem fer-ho de la següent manera:

```
scancel jobID
```

- Els fitxers netcdf amb les dades del model es trobaran guardats en la següent ruta:
  - ***/home/icorbella/ForIgnasi/outputs/FWM/ASC/data***
  - ***/home/icorbella/ForIgnasi/outputs/FWM/DES/data***
- En el directori */home/icorbella/ForIgnasi/scripts/logs* es guarden els fitxers d'output i d'error. Si en algun moment el procés falla, allí trobarem recollits els errors i podrem debugar-los.

### **MIGRACIÓ DE FITXERS A 172.26.39.112 (ordinador UPC)**

Durant el processament, s'ha preparat l'ordinador esmentat per rebre els fitxers que s'obtenen a Gaia. Per realitzar la migració Gaia-UPC hem d'accedir al ordinador 172.26.39.112 i des de terminal llençar un protocol scp amb la següent comanda:

```
~$ scp -r -oProxyCommand="ssh -W %h:%p icorbella@triton.cmima.csic.es"
icorbella@gaia.cmima.csic.es:/home/icorbella/ForIgnasi/outputs/FWM/ASC ./

~$ scp -r -oProxyCommand="ssh -W %h:%p icorbella@triton.cmima.csic.es"
icorbella@gaia.cmima.csic.es:/home/icorbella/ForIgnasi/outputs/FWM/DES ./
```

*./* es pot canviar pel directori on es vulguin rebre aquests fitxers. En cas contrari es copiaria el directori */ASC* o */DES* al directori on ens trobéssim en el moment.