

Optique au L2IT

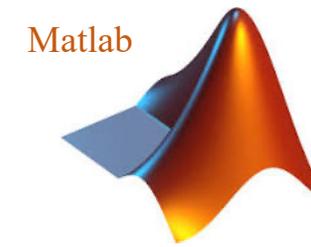
C. Buy



L2IT



- Logiciel de design optique 3D
- Mode séquentiel
 - Les rayons sont tracés selon une séquence, impactant chaque surface une seule fois
 - Ce mode est rapide et utile pour le design de systèmes optiques, l'optimisation, le tolérancement et l'analyse
 - Ce mode permet la propagation physique et les études de diffraction
- Mode non-séquentiel
 - Les rayons se propagent selon un ordre aléatoire et peuvent donc être splittés, diffusés, rétro-réfléchis
 - Ce mode est idéal pour les études de lumière diffusée et d'illumination



- Plateforme de calcul numérique et programmation
- Permet de manipuler des matrices, afficher des plots/courbes, créer des interfaces utilisateurs, etc
- Très utile en optique pour développer des codes sur la base des matrices ABCD par exemple

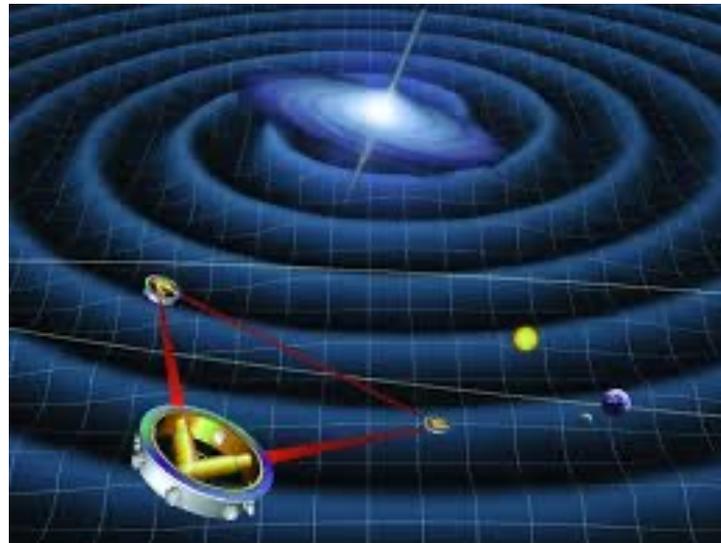


- Programme de simulation d'interféromètre basé sur des librairies Python
- Il utilise la modélisation optique dans le domaine fréquentiel pour construire des simulations quasi-statiques précises de configurations arbitraires d'interféromètres

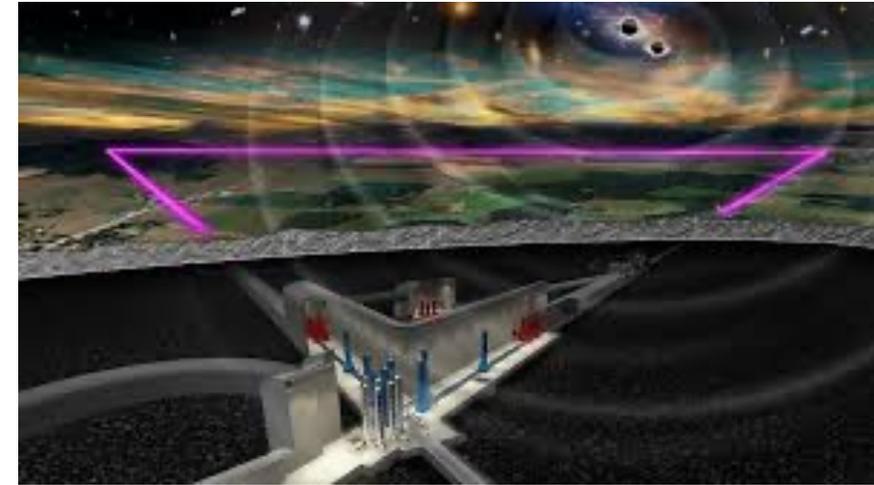
- Les études reposent principalement sur le design, l'analyse et les tests pour les détecteurs d'ondes gravitationnelles



Virgo



LISA



Einstein Telescope



- Design de systèmes optiques : télescopes, cavités, beam dump, banc optique, ...
- Optimisation : matching, encombrement, aberrations ...
- Tolerancement : télescope, injecteurs, ...
- Analyses : réflexions parasites, aberrations, front d'onde, ...
- Lien avec l'intégration et les tests – compréhension en aval de certains phénomènes ou problèmes (aberrations par ex.)

Surface Properties

Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Material	Costin
5	Standard		Infinity	0.000		
6	Coordinate Break			0.000		
7	Standard	SIB_M44	Infinity	0.000	MIRROR	
8	Coordinate Break		-300.000			
9	Standard		0.000			
10	STOP (Apert)			0.000		
11	Coordinate Break		710.000			
12	Standard		0.000			
13	Apert			0.000		
14	Coordinate Break		-495.000			
15	Standard		Infinity	0.000		
16	Apert			0.000		

Merit Function Editor

Type	Surf	Wave	Target	Weight	Value	% Contrib
1	BLNK					
2	GRSW	1	27	1	0.000	2.570
3	GRSW	1	27	1	0.000	2.570
4	GRSP	1	27	1	0.000	2.570
5	GRSP	1	27	1	0.000	2.570
6	SPIA	27	1	0.000	1.000	0.000
7	ASTI	27	1	0.000	1.000	0.000
8	COMA	27	1	0.000	1.000	0.000

Analysis of Tolerances

Type	Surf	Nominal	Min	Max	Comment
1	COMP	11	0	-5.000	5.000
2	COMP	18	0	-451.000	50.000
3	TRNSV	10	0	-1.000	1.000 Default radius tolerances.
4	TRZ	10	20	2	0.000
5	TRAD	10	0	-100.000	1.000
6	TRAD	13	0	-1270.000	12.000
7	TRAD	16	0	-30748.657	30.000
8	TRAD	18	0	-1063.123	-10.000
9	TRAD	21	0	-3622.047	-36.000
10	TRTH	6	6	0.000	-1.000
11	TRTH	6	7	0.000	-1.000
12	TRTH	7	8	0.000	-1.000
13	TRTH	8	9	-300.000	-1.000

Optimisation de cavités pour le détecteur Virgo

Design d'un beam dump pour LISA

3D Layout

200 mm

Zemax OpticStudio 22.2.1

Etudes réflexions parasites pour LISA

Incoherent Irradiance

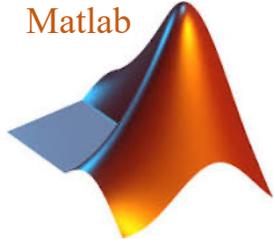
Y coordinate value

X coordinate value

Detector Image: Incoherent Irradiance

Zemax OpticStudio 22.2.1

Matlab



- Design de systèmes optiques : télescopes, ...
- Quantification de lumière rétro-réfléchie
- Quantification de lumière diffusée

```
% Adv marginally stable cavity telescope
% 22/02/10 - APC
% -----
clear all
format long
fprintf('\n\n *** MSRC telescope simulation ***\n')
% ----- general parameters
lambda = 1.064e-6 ; % laser wavelength [m]
n_fusSi = 1.44963 ; % fused silica refr. index
% FP cavity
dITM = 0.2 ; % test mass thickness [m]
l_FP = 3000.0 ; % arm cavity length [m]
R_ITM = -1416 ; % ITM RoC [m]
R_ETM = -1646 ; % ETM RoC [m]
% Marginally stable recycling cavity (MSRC)
Rar = -1e+25 ; % ITM AR side curvature [m]
lx = 5.7580 ; % ITM AR to BS
dBS = 0.0 ; % BS thickness (Y arm) [m]
lprm = 6.0 ; % BS to Power Recycling Mirror (PRM) [m]
```

....

Code optimisation de télescope

ADOC Parameters

$\theta = [-\pi ; \pi]$
 $\phi_{max} = 0.01$ rad
 $x_{max} = 10^{-10}$ m
 $y_{max} = 10^{-10}$ m

$n_{ph} = 1$
 $f_{sc} = 1e^{-4}$ (TIS=1)

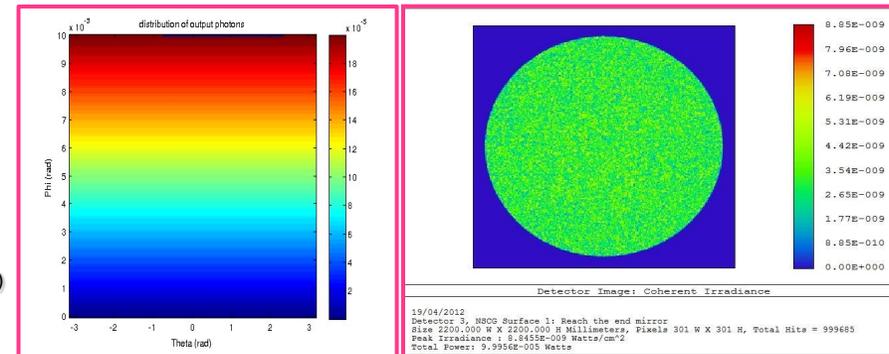
Code quantification lumière rétro-réfléchie

...

```
fprintf('\t beam waist      w0 = %e m\n', sqrt(lambda*imag(q_out_t)/pi))
fprintf('\t beam radius      w = %e m\n', w_out_t)
fprintf('\t front curvature    R = %e m\n', R_out_t)

% ----- Overlap between q_FP and q_out
overlap = scalar_2(w_1, w_out_s, w_1, w_out_t, R_1, R_out_s, R_1, R_out_t, d0, theta) ;
% ----- Relative power recoupled to the main beam
P = r_AR * overlap * overlap ;
fprintf('\n Relative power recoupled to the main beam: \n')
fprintf('\t P = %e \n', P)
% ----- Level of diffused light recoupling G on the end benches
G = (lambda/(8*L))*(sqrt((T_end*1.2457e-5)/(pi*F)))*sqrt(P) ;
fprintf('\n Recoupling G: \n')
fprintf('\t G = %e \n', G)
```

Code quantification lumière diffusée



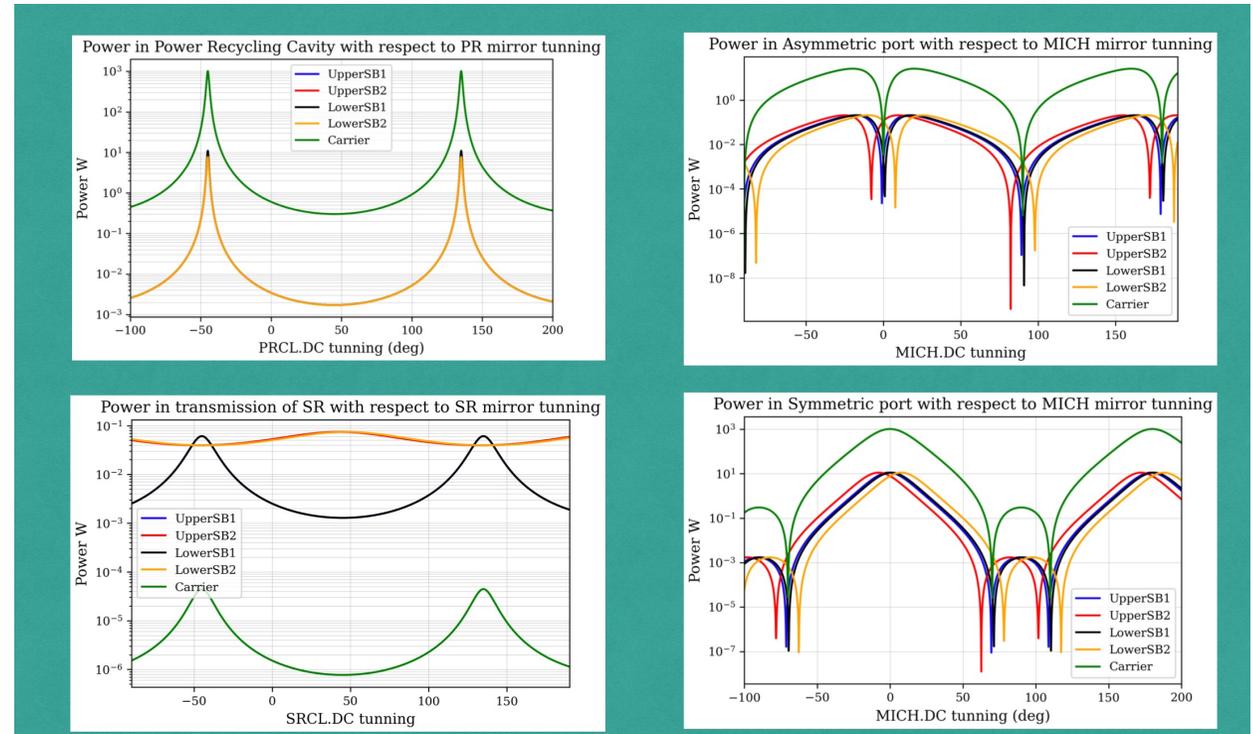
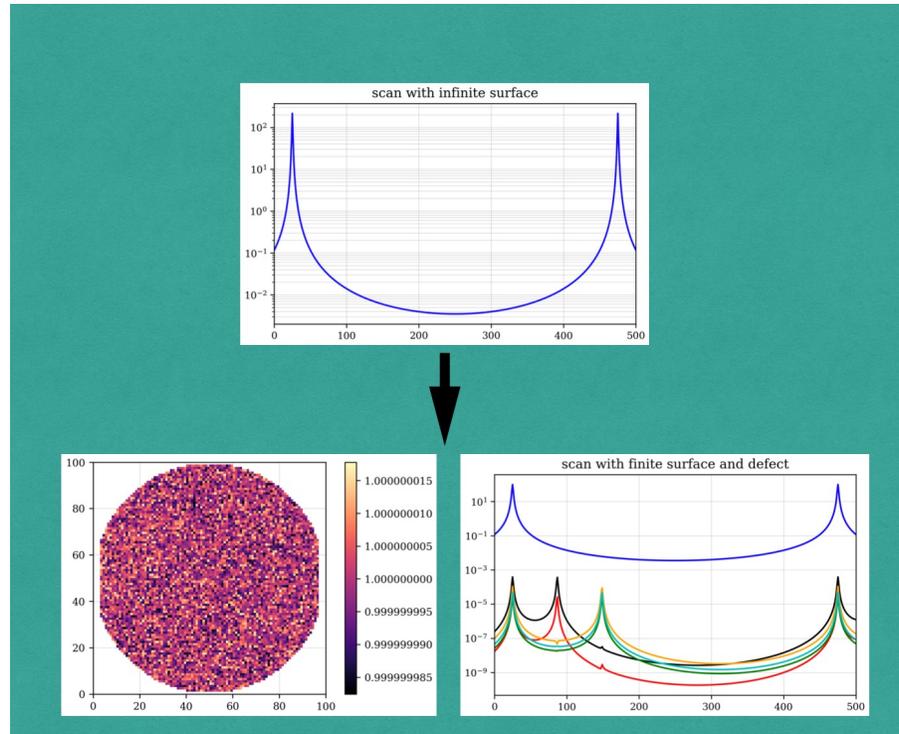
Zemax Parameters

Number of rays = $1e^6$
 $\phi_{max} = 0.01$ rad
 $x_{max} = 10^{-10}$ m
 $y_{max} = 10^{-10}$ m
 $n_{ph} = 999685$
 $f_{sc} = 0.99956e^{-4}$ (TIS=1)



Finesse 3

- Préparation des améliorations futures : O5, Virgo_nEXT, ET
- ITF stable et contrôlé, simulation complète intégrant l'ensemble des paramètres
- Impact de l'augmentation de la puissance, compréhension des phénomènes thermiques, ajout de cartes de miroirs réelles, de défauts, ...
- Injection de squeezing, comportement et pertes

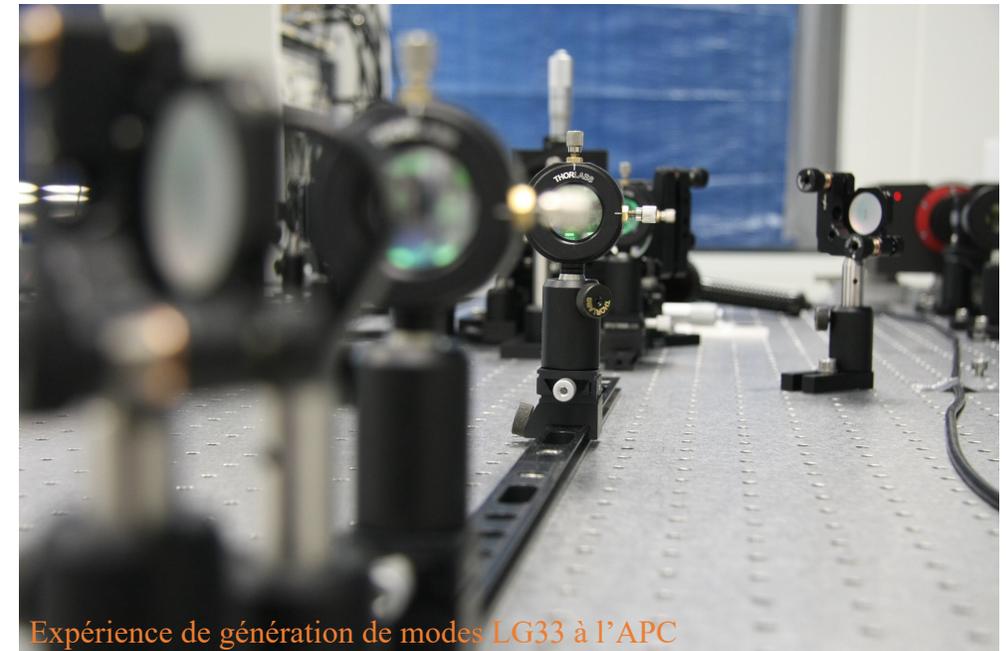


Préparation d'une simulation complète ITF

- Pas d'instrumentation au L2IT, néanmoins :

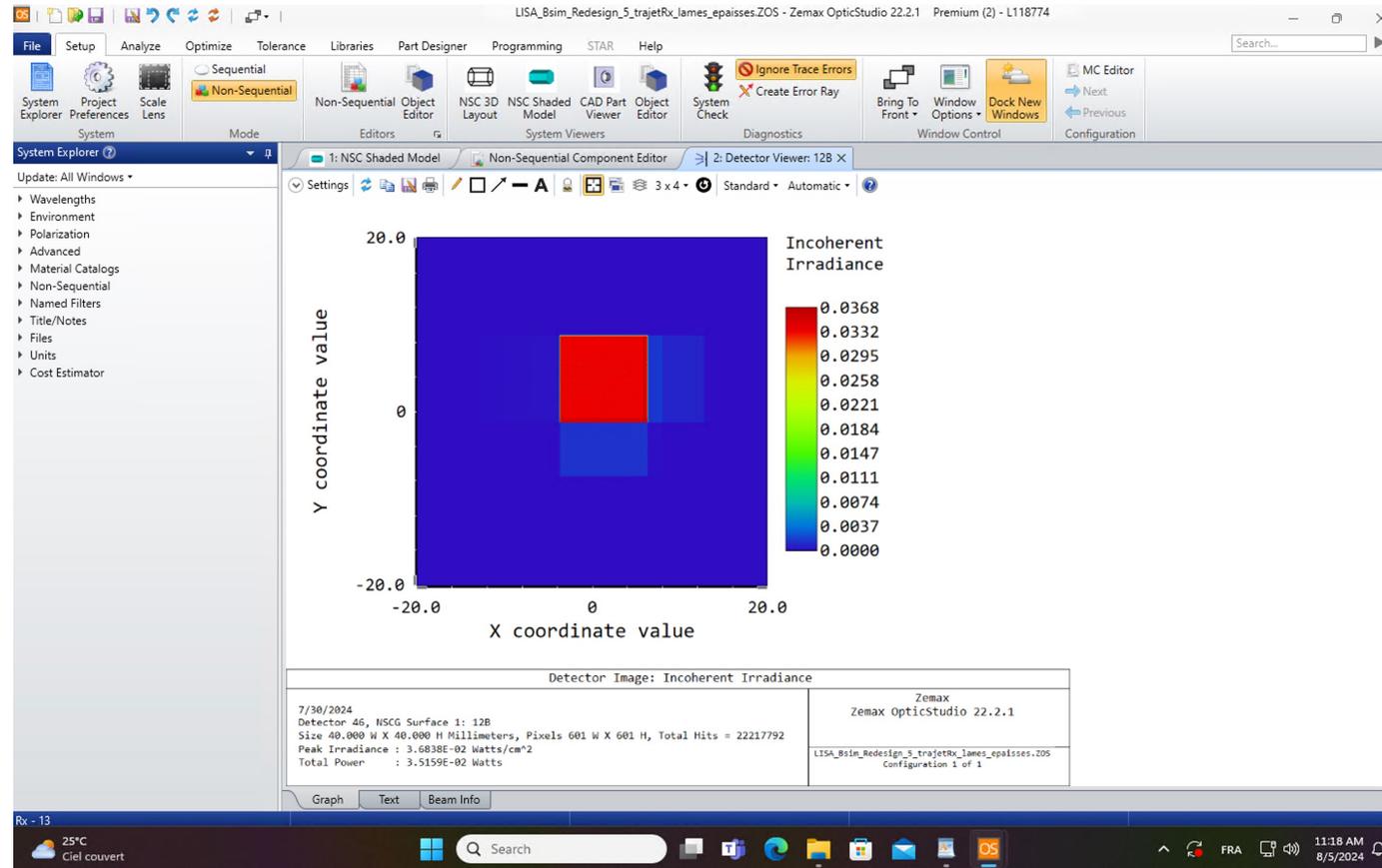
- Compétences acquises durant ~15 ans (XLIM, Laboratoire Charles Fabry de l'IOGS, APC)
- Génération de modes Laguerre-Gauss d'ordre supérieur
- Tests et validation de procédures d'alignements (télescopes)
- Intégration sur site Virgo
- Génération de supercontinuum
- Génération de longueurs d'ondes spécifiques via des fibres à cœurs creux remplies de liquide
- Préparation des tests d'intégration pour le projet LISA au CNES
- ...

- Collaboration avec d'autres laboratoires IN2P3 : APC / LAPP / LMA + CNES



- Besoins principalement en terme de logiciel

- Zemax OpticStudio – achat de jeton via la campagne du ROP CNRS
- Matlab – via le CNES pour le projet LISA + jetons via le CC-IN2P3 (en cours) + achat via le projet Virgo?



- Un seul permanent en tant qu'ingénieur optique + 1 thésard
 - Nombre de FTE limité
- Centré sur les aspects « Ondes gravitationnelles »
 - Difficulté à s'ouvrir à d'autres compétences optiques et/ou projets (en raison du nombre limité)
- Peu de connaissance des autres projets/compétences optiques de l'IN2P3