



Durantin Cédric

Soutenance de thèse

Directeur de thèse : Jean-Antoine Désidéri (INRIA)

Co-directeur : Alain Glière (CEA)

MÉTAMODÉLISATION ET OPTIMISATION DE DISPOSITIFS PHOTONIQUES

Devant le jury composé de :

| 28/05/2018

Régis Orobitchouk

Maître de Conférence HDR

INSA

Rapporteur

Pierre Alain Boucard

Professeur

Université Paris Sud 11

Rapporteur

Delphine Sinoquet

Ingénieur-chercheur

IFPEN

Examinatrice

Rodolphe Le Riche

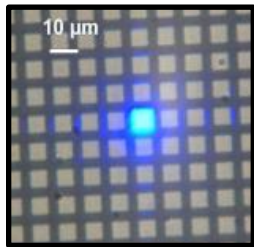
Directeur de recherche

CNRS

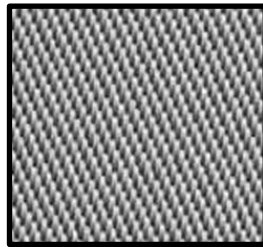
Examineur

- Travaux effectués au sein du département d'optique et de photonique du CEA LETI

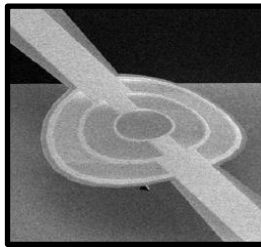
Ecrans



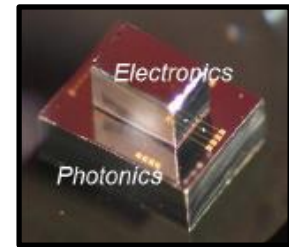
Eclairage



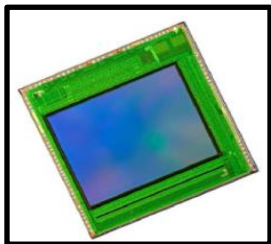
Capteur optique



Photonique sur silicium



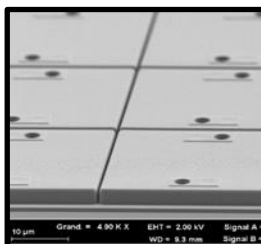
Imageur dans le visible



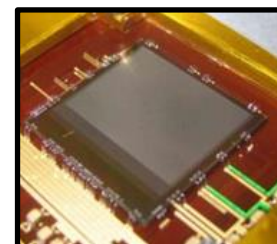
Infrarouge refroidis



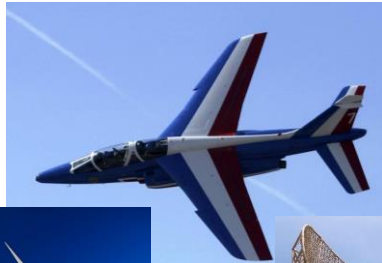
Bolomètre



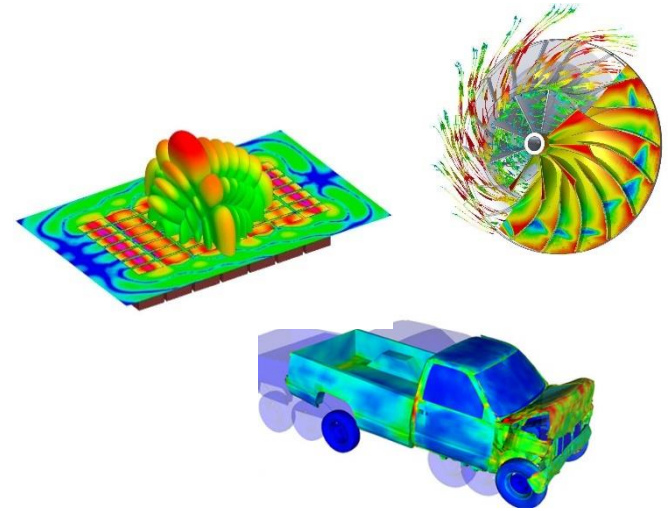
Technologie pour écrans



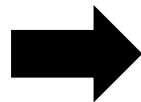
- **Modélisation numérique : un outil indispensable en conception**



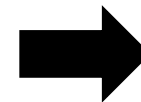
Maxwell
Navier-Stokes
Poisson
Helmholtz



Phénomène
physique



Modèle
physique



Solution
numérique

- + Moins coûteux/long que le prototypage.
- + Synthèse de connaissances liées à des phénomènes physiques.
- Temps de calcul important pour les modèles complexes.

- Méthodes numériques spécifiques à mettre en place pour les exploiter.

Planification d'expérience

Analyse de sensibilité

Métamodélisation

Optimisation

Multifidélité

Contraintes

Variables mixtes

Grande dimension

Problème inverse

Fiabilité

Sorties fonctionnelles

Robustesse

Multi-objectif

Calibration

INTRODUCTION

- Méthodes numériques spécifiques à mettre en place pour les exploiter.

Planification d'expérience

Analyse de sensibilité

Métamodélisation

Optimisation

Multifidélité

Contraintes

Variables mixtes

Grande dimension

Problème inverse

Fiabilité

Sorties fonctionnelles

Robustesse

Multi-objectif

Calibration

- Trois cas d'études représentatifs sont utilisés pour identifier les besoins.
 - Microsource infrarouge : optimisée par expertise scientifique.
 - Cellule photoacoustique : deux modélisations disponibles.
 - Coupleur directonnel adiabatique : robustesse pour la fabrication.

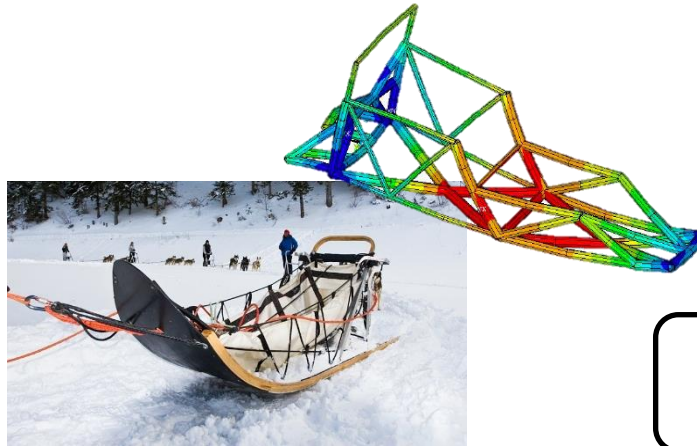
CONCEPTS POUR L'OPTIMISATION

- Réalisation du système liée à un besoin fonctionnel :

Objectif

Contraintes

Paramètres
de conception



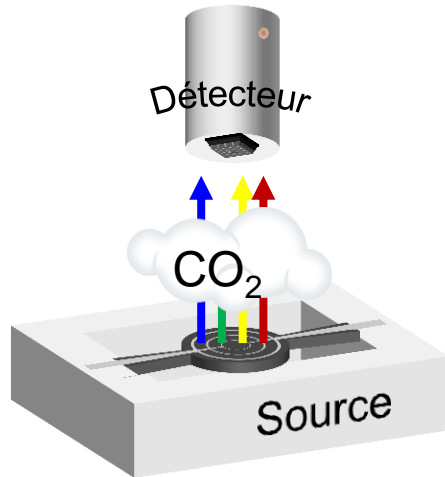
Paramètres
environnementaux

- Plusieurs problèmes d'optimisation :

- Classique : $\min_{\mathbf{x}} f(\mathbf{x})$
- Sous contraintes : $\min_{\mathbf{x}} f(\mathbf{x})$ sous $g_i(\mathbf{x}) < 0, i = 1, \dots, G$
- Multi-objectif : $\min_{\mathbf{x}} \{f_1(\mathbf{x}), \dots, f_F(\mathbf{x})\}$
- Robuste : $\min_{\mathbf{x}} \rho(f(\mathbf{x}, \mathbf{z}))$

CAS TEST N°1 : MICROSOURCE INFRAROUGE

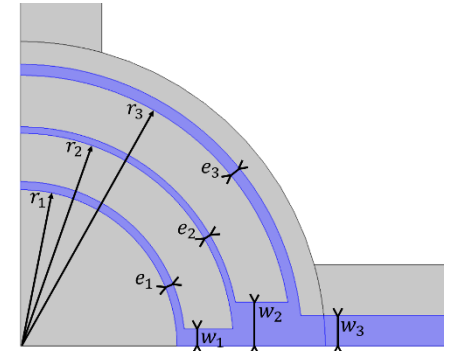
- Source d'un capteur de gaz bas coût :



Modèle de couplage thermoélectrique :

$$P_{joule} = \int_{volume} \rho_E J^2 dv$$

$$-k_T \Delta T = P_{joule}$$



9 paramètres de conception:

- Huit géométriques.
- La tension aux bornes de la source.

3 objectifs :

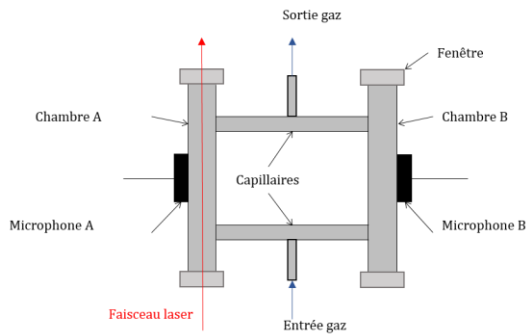
- Température moyenne
- Puissance rayonnée
- Efficacité

1 contrainte :

- Température maximale inférieure à 650 °C

CAS TEST N°2 : CELLULE PHOTOACOUSTIQUE

- Cuve d'un capteur pour la détection de traces de gaz :



Détaillé

Mécanique des fluides :
Equations de Navier-Stokes
90 min

Simplifié

Acoustique :
Equation d'Helmholtz
3 min

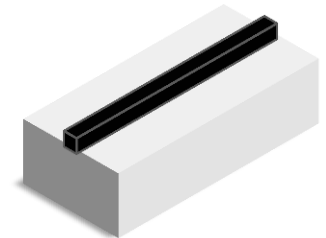
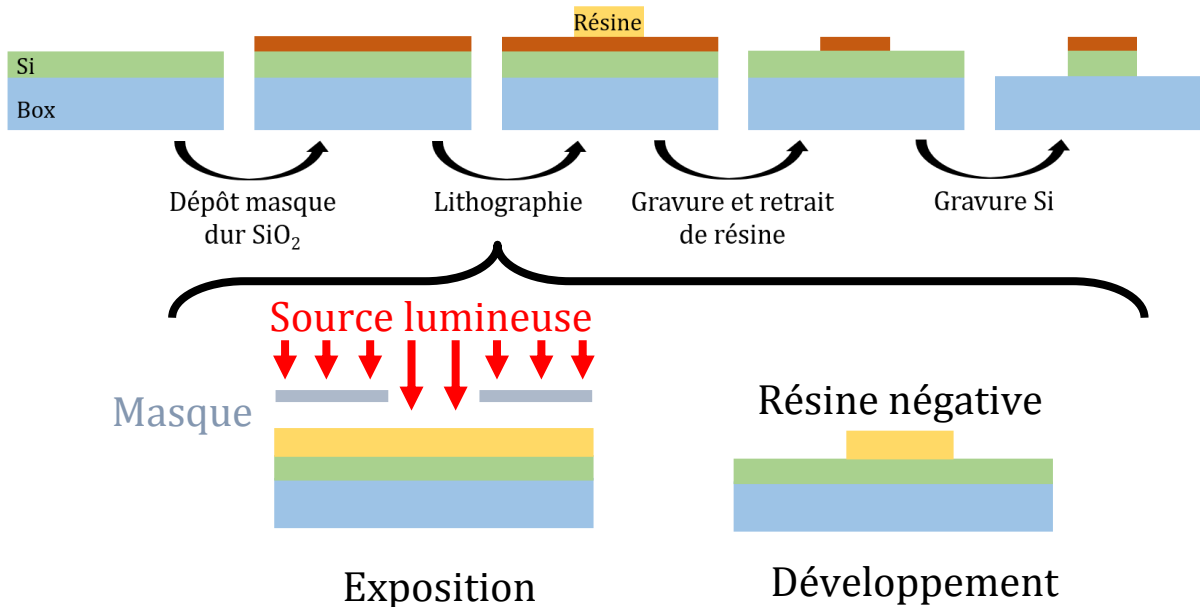
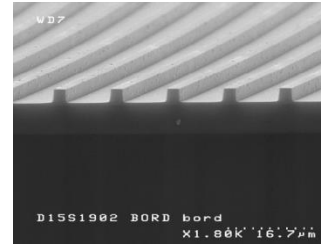
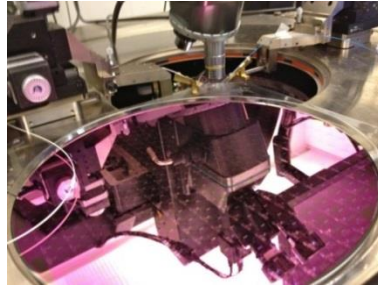
3 paramètres géométriques

2 objectifs à étudier :

- Signal mesuré
- Fréquence de résonance

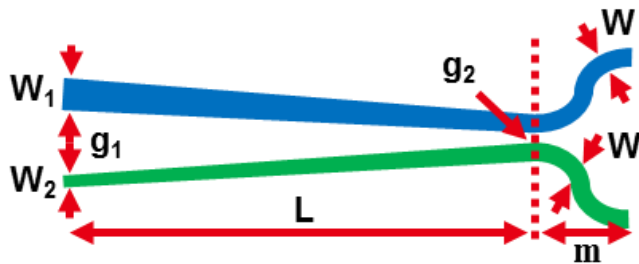
CAS TEST N°3 : COUPLEUR DIRECTIONNEL ADIABATIQUE

- Processus de fabrication :

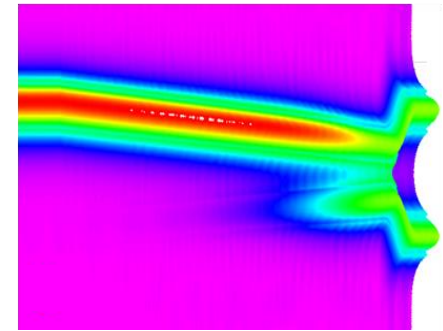


CAS TEST N°3 : COUPLEUR DIRECTIONNEL ADIABATIQUE

- Composant optique permettant de réaliser une division de puissance :



Equation d'Helmholtz
avec hypothèse SVEA



4 paramètres géométriques

Etude de la robustesse l'écart au
taux de couplage :

$$T_c = \left| \frac{P_1(\lambda, x) - 0,5}{P_1(\lambda, x) + P_2(\lambda, x)} \right|$$

Cas d'application	Microsource infrarouge	Cellule photoacoustique	Coupleur directionnel
Nombre de paramètres	9	3	4
Temps de simulation (20 CPU, 2.4 GHz)	9 sec	1h30 / 3 min	5 min
Nombre d'objectifs	3	2	1
Nombre de contraintes	1	0	0
Cadre de l'optimisation	Déterministe	Déterministe	Robuste
Estimation temps d'optimisation	~ 50 h	~ 4500 h	~ 3500 h

PLAN

I. Introduction

- Microsource infrarouge
- Cellule photoacoustique
- Coupleur directionnel

II. Métamodèles

- Krigeage
- RBF

III. Stratégies adaptatives pour l'optimisation

- Cadre général
- Optimisation à un objectif avec ou sans contrainte

IV. Contributions

- Microsource optimisée en efficacité
- Co-RBF
- Méthode EI-MGDA

PLAN

I. Introduction

- Microsource infrarouge
- Cellule photoacoustique
- Coupleur directionnel

II. Métamodèles

- Krigeage
- RBF

III. Stratégies adaptatives pour l'optimisation

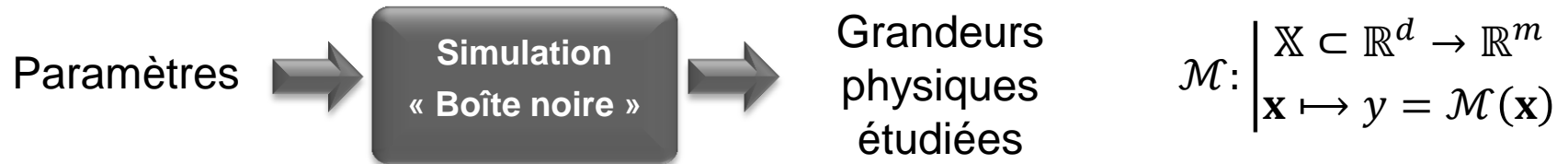
- Cadre général
- Optimisation à un objectif avec ou sans contrainte

IV. Contributions

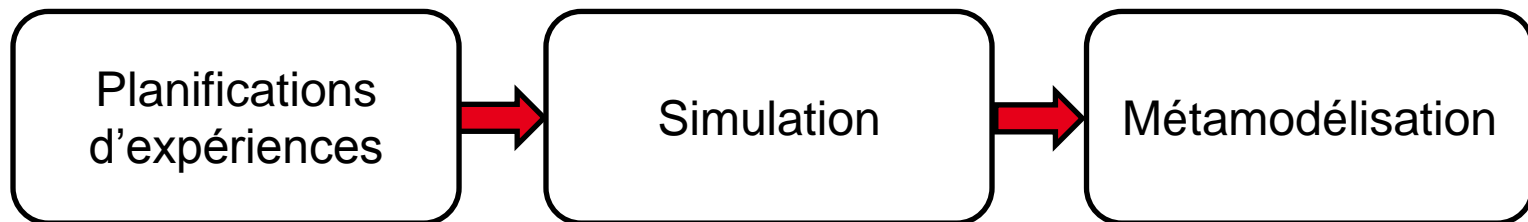
- Microsource optimisée en efficacité
- Co-RBF
- Méthode EI-MGDA

PRINCIPE DE LA MÉTAMODÉLISATION

- On considère le modèle numérique comme une boîte noire :

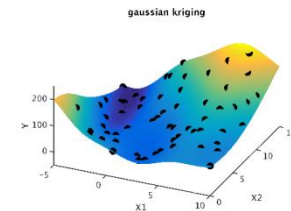


- La simulation coûteuse en temps de calcul va être remplacée par un modèle de substitution (métamodèle) :



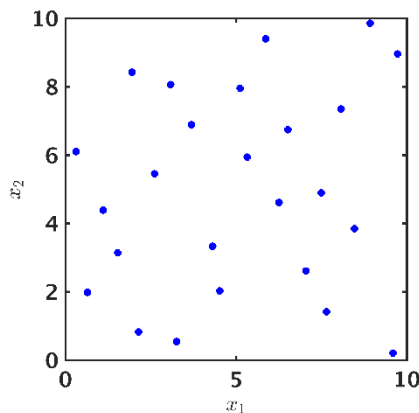
$$\mathcal{X}_{tr} = \{\mathbf{x}_{tr}^{(1)}, \dots, \mathbf{x}_{tr}^{(n)}\}$$

$$\mathcal{Y}_{tr} = \{y_{tr}^{(1)}, \dots, y_{tr}^{(n)}\}$$

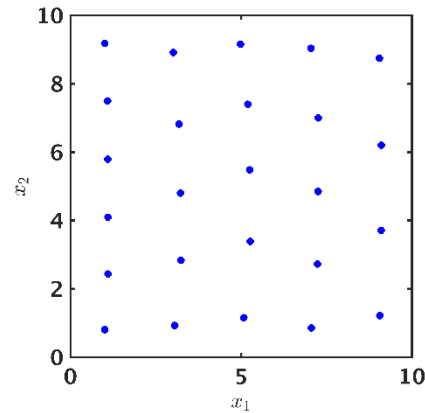


PLAN D'EXPÉRIENCE

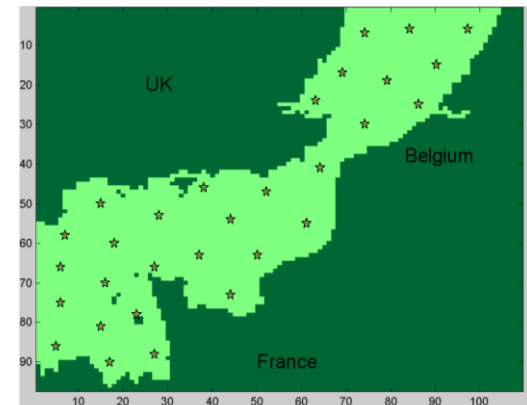
- Le but est d'obtenir le plus d'informations sur la simulation à partir d'un faible nombre d'évaluations.
 - Plans de type « space filling » recherchés.
- Deux plans à retenir ici :



Plan OLHS



Plan CVT



Source : Pronzato, PECNUM 2015

- Cadre de la simulation numérique (expériences répétables).
- Choix du krigeage et des fonctions à base radiale (RBF) parmi le grand choix de méthodes possibles.

Multiple Adaptive Regression Splines

Support Vector Regression Radial Basis Functions

Inductive Learning Sparse Grids Kriging

Moving Least Squares Least Interpolating Polynomials

Artificial Neural Network Polynomial Chaos Expansion



Source : <https://www.inspire-orientation.org>

- La relation entrée/sortie est considérée comme la réalisation d'un processus gaussien stationnaire.

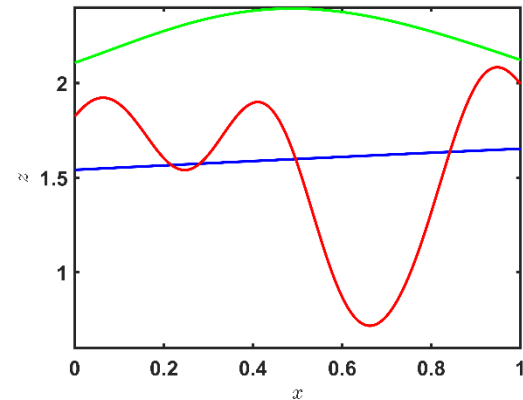
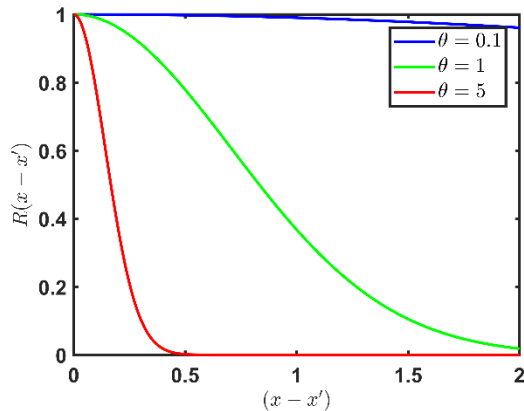
$$\mathbf{Z}_{tr} \sim GP(\boldsymbol{\mu}_{tr}, \mathbf{C}_{tr})$$

$$\boldsymbol{\mu}_{tr} = [m(\mathbf{x}_{tr}^{(1)}), \dots, m(\mathbf{x}_{tr}^{(n)})]^T$$

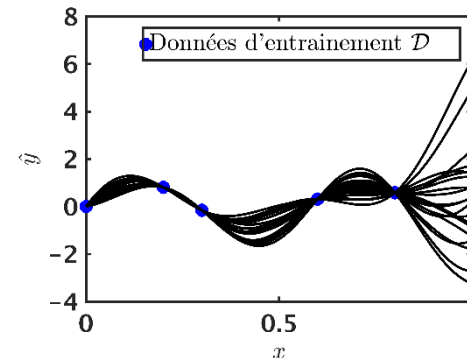
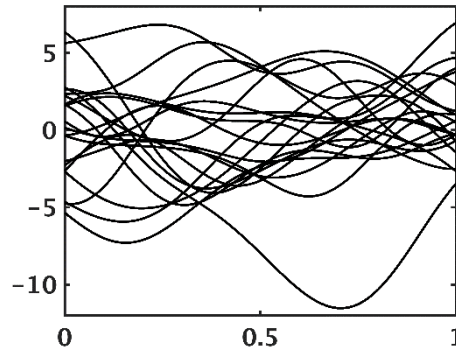
$$\mathbf{C}_{tr}(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \sigma_{GP}^2 R_{tr}(\mathbf{x}, \mathbf{x}'), \quad (\mathbf{x}, \mathbf{x}') \in \mathbb{X} \times \mathbb{X}$$

- Exemple de la fonction d'autocorrélation gaussienne :

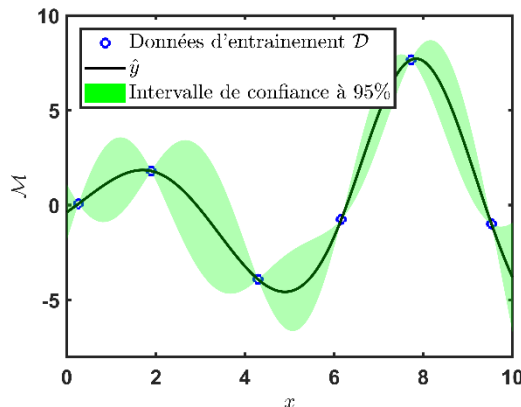
$$R(\mathbf{x}, \mathbf{x}', \boldsymbol{\theta}) = \exp(-\|\mathbf{x} - \mathbf{x}'\|_{\boldsymbol{\theta}}^2).$$



- Le processus gaussien est conditionné pour interpoler les points d'entraînement :



- La moyenne fournit la prédiction, la variance permet l'estimation d'un intervalle de confiance :

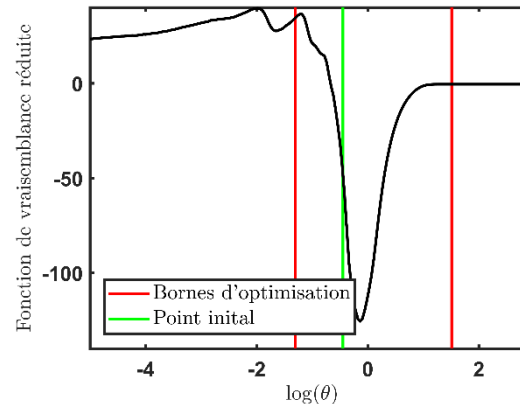


$$\hat{y}(\mathbf{x}) = \mathbb{E}[\mathbf{Z}_{te} | \mathbf{Z}_{tr}] = \mu_0 + \Sigma_{\mathbf{x}} \mathbf{C}_{tr}^{-1} (\mathbf{Y}_{tr} - \mu_0)$$

$$\hat{\sigma}_{\hat{y}}^2(\mathbf{x}) = \sigma_{GP}^2 \left(1 - \Sigma_{\mathbf{x}} \mathbf{C}_{tr}^{-1} \Sigma_{\mathbf{x}}^T + \frac{(1 - \mathbf{1}^T \mathbf{C}_{tr}^{-1} \Sigma_{\mathbf{x}}^T)^2}{\mathbf{1}^T \mathbf{C}_{tr}^{-1} \mathbf{1}} \right)$$

- **Ce qui est caché :**

- Optimisation de paramètres pour régler au mieux le modèle sur les données.



- Choix de la fonction de corrélation.
- Lenteur numérique en haute dimension ($m > 20$).

- **Mais !**

- Performances de prédiction satisfaisantes dans une majorité des cas.

FONCTION À BASE RADIALE

- Décomposition de \mathcal{M} sur des fonctions radiales :

$$\hat{y}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \beta_i \varphi_R(\mathbf{x} - \mathbf{x}_{tr}^{(i)})$$

Cas φ_R
définie positive

- Interpolation des données :

$$\mathbf{Y}_{tr} = \mathbf{\Phi}_{tr} \boldsymbol{\beta} \quad \text{avec} \quad \Phi_{tr\,ij} = \varphi_R(\mathbf{x}_{tr}^{(i)} - \mathbf{x}_{tr}^{(j)})$$

FONCTION À BASE RADIALE

- Décomposition de \mathcal{M} sur des fonctions radiales :

$$\hat{y}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \beta_i \varphi_R(\mathbf{x} - \mathbf{x}_{tr}^{(i)}) + Q(\mathbf{x})$$

Cas φ_R
conditionnellement
définie positive

$$\text{avec } Q(\mathbf{x}) = \sum_{k=1}^{l_0} \alpha_k p_{k-1}(\mathbf{x})$$

- Vérification que Φ_{tr} est conditionnellement définie positive :

$$\forall \boldsymbol{\beta} \in \mathbb{R}^{n*}, \text{ si } \sum_{i=1}^n \beta_i p_j(\mathbf{x}_{tr}^{(i)}) = 0 \quad \text{alors} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_i \beta_j \Phi_{tr\,ij} \geq 0$$

- Interpolation des données :

$$\mathbf{Y}_{tr} = \Phi_{tr} \boldsymbol{\beta} + \mathbf{F}_{tr} \boldsymbol{\alpha} \quad \text{avec}$$

$$\Phi_{tr\,ij} = \varphi_R(\mathbf{x}_{tr}^{(i)} - \mathbf{x}_{tr}^{(j)})$$

$$\mathbf{F}_{tr} = (p_0(\mathbf{X}_{tr}), \dots, p_{l_0-1}(\mathbf{X}_{tr})).$$

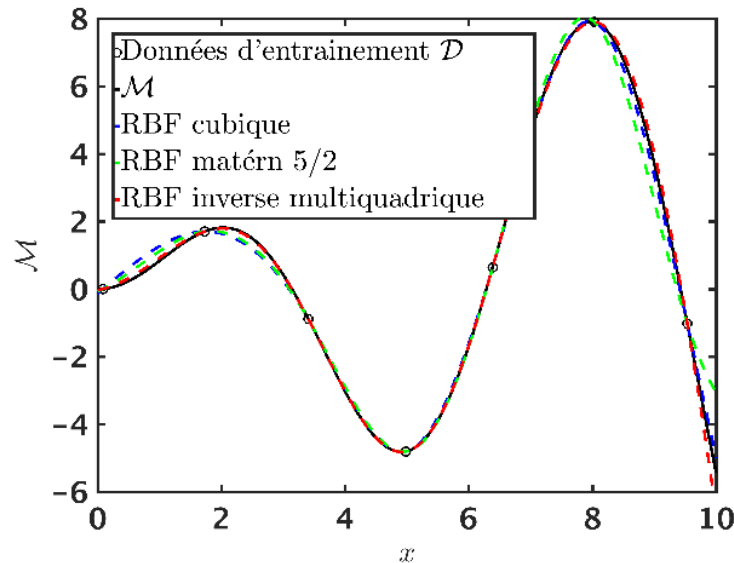
FONCTION À BASE RADIALE

- Estimation des paramètres par la résolution du système :

$$\begin{pmatrix} \Phi_{tr} & \mathbf{F}_{tr} \\ \mathbf{F}_{tr}^T & \mathbf{0} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boldsymbol{\beta} \\ \boldsymbol{\alpha} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{Y}_{tr} \\ \mathbf{0} \end{pmatrix}$$

	$\varphi_R(\mathbf{x} - \mathbf{x}')$	Ordre l_0
Linéaire	$\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}}$	1
Cubique	$(\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}})^3$	2
Spline en plaque mince	$\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}}^2 \ln(\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}})$	2
Multiquadrique	$\sqrt{\sum_{i=1}^d \left(\frac{1}{\theta_i^2} + \ x_i - x'_i\ _2^2 \right)}$	1
Inverse multiquadrique	$\left(\sum_{i=1}^d \left(\frac{1}{\theta_i^2} + \ x_i - x'_i\ _2^2 \right) \right)^{-1/2}$	0
Matérn 3/2	$(1 + \sqrt{3}\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}}) \times \exp(-\sqrt{3}\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}})$	0
Matérn 5/2	$\left(1 + \sqrt{5}\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}} + \frac{5}{3}\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}}^2 \right) \times \exp(-\sqrt{5}\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}})$	0
Gaussienne	$\exp(-\ \mathbf{x} - \mathbf{x}'\ _{\boldsymbol{\theta}}^2)$	0

FONCTION À BASE RADIALE

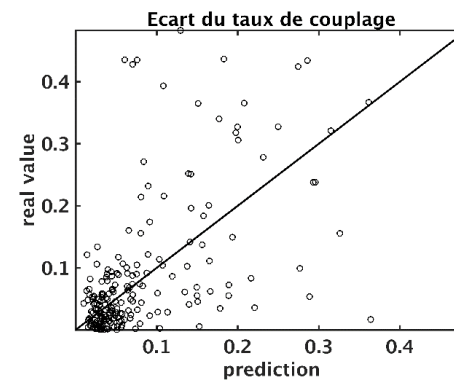
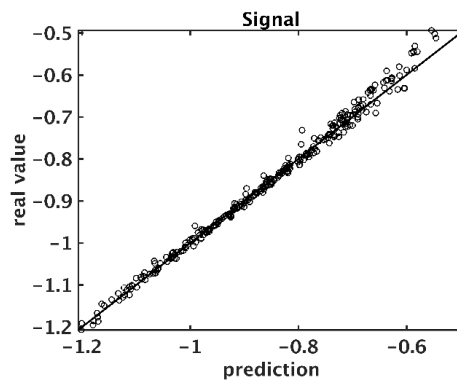
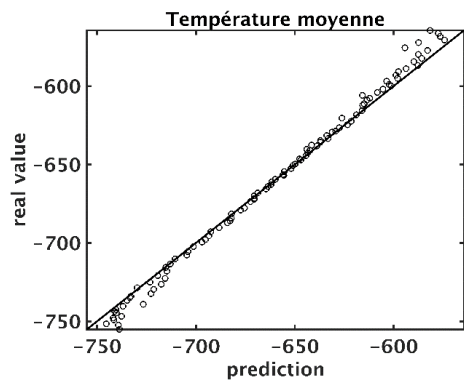


- **Nécessite des hypothèses moins fortes que le krigeage.**
 - Mais pas d'intervalle de confiance disponible.

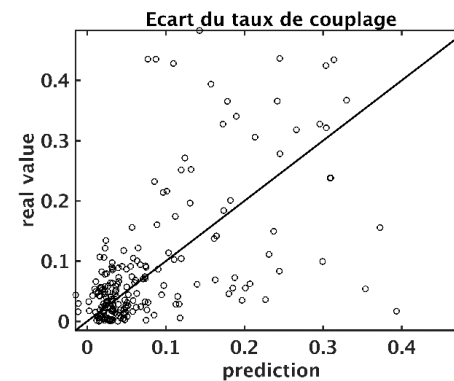
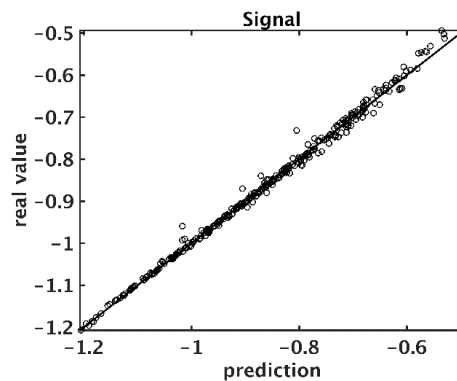
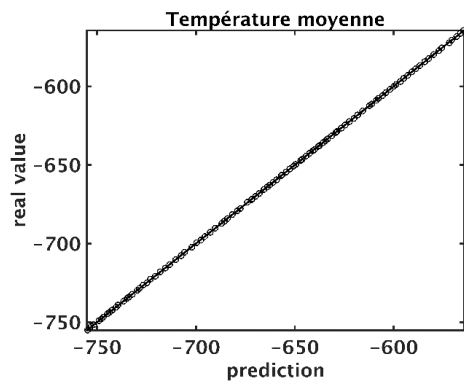
$$P_{\varphi}(\mathbf{x}) = \sqrt{(-1)^{l_0} \times \left(\varphi_R(0) - (\mathbf{u}_{\mathbf{x}}^T \quad \mathbf{F}_{\mathbf{x}}^T) \begin{pmatrix} \Phi_{tr} & \mathbf{F}_{tr} \\ \mathbf{F}_{tr}^T & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \mathbf{u}_{\mathbf{x}} \\ \mathbf{F}_{\mathbf{x}} \end{pmatrix} \right)}$$

SYNTHÈSE SUR LES CAS D'APPLICATION

Krigeage :



RBF :



PLAN

I. Introduction

- Microsource infrarouge
- Cellule photoacoustique
- Coupleur directionnel

II. Métamodèles

- Krigeage
- RBF

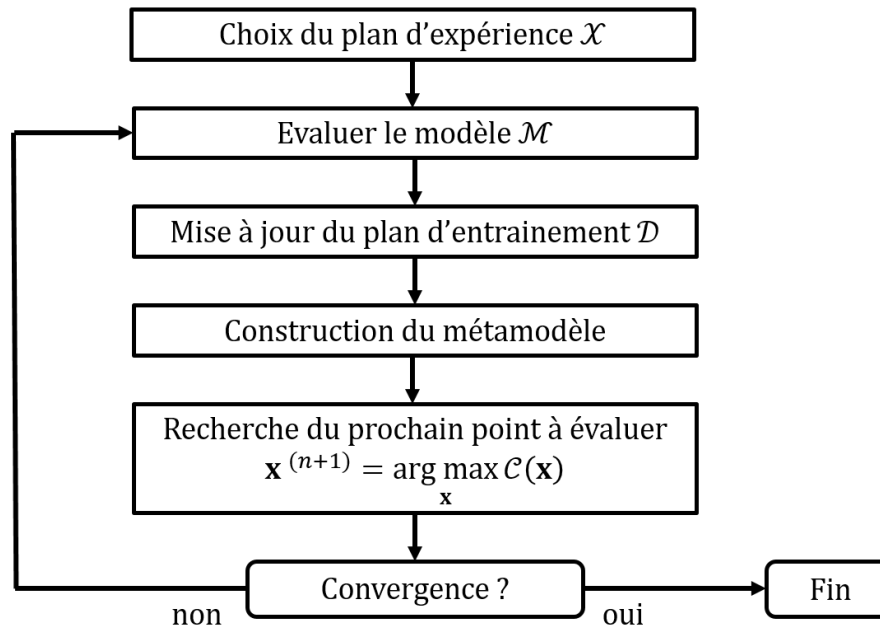
III. Stratégies adaptatives pour l'optimisation

- Cadre général
- Optimisation à un objectif avec ou sans contrainte

IV. Contributions

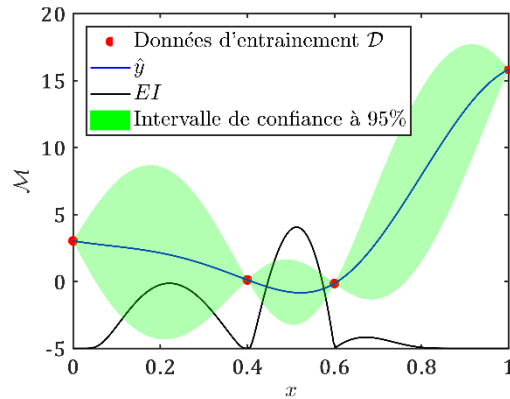
- Microsource optimisée en efficacité
- Co-RBF
- Méthode EI-MGDA

CADRE GÉNÉRAL DES STRATÉGIES ADAPTATIVES



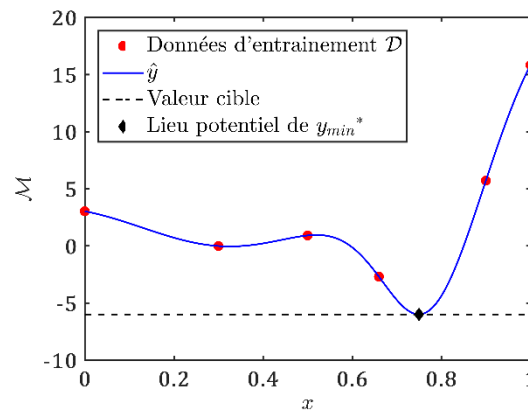
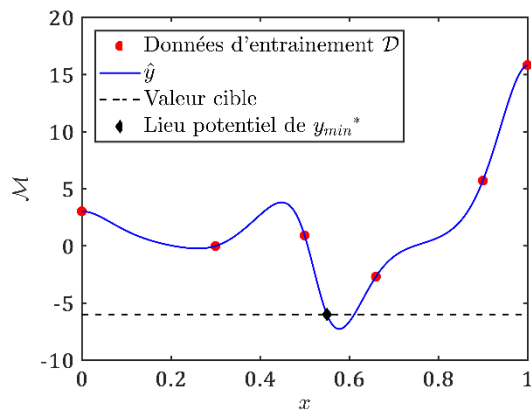
CRITÈRES RETENUS POUR L'OPTIMISATION

Krigeage :



$$EI = (y_{\min} - \hat{y})\Phi\left(\frac{y_{\min} - \hat{y}}{\hat{\sigma}_{\hat{y}}}\right) + \hat{\sigma}\phi\left(\frac{y_{\min} - \hat{y}}{\hat{\sigma}_{\hat{y}}}\right)$$

RBF :



$$GUT(\mathbf{x}) = \left(\frac{P_{\varphi}(\mathbf{x})}{\hat{y}(\mathbf{x}) - f_{\min}^*}\right)^2$$

PLAN

I. Introduction

- Microsource infrarouge
- Cellule photoacoustique
- Coupleur directionnel

II. Métamodèles

- Krigeage
- RBF

III. Stratégies adaptatives pour l'optimisation

- Cadre général
- Optimisation à un objectif avec ou sans contrainte

IV. Contributions

- Microsource optimisée en efficacité
- Co-RBF
- Méthode EI-MGDA

RAPPELS SUR LA MICROSOURCE INFRAROUGE

9 paramètres de conception:

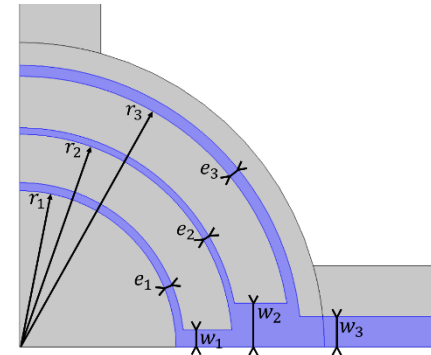
- Huit géométriques.
- La tension aux bornes de la source.

3 objectifs :

- Température moyenne
- Puissance rayonnée
- Efficacité

1 contrainte :

- Température maximale inférieure à 650 °C

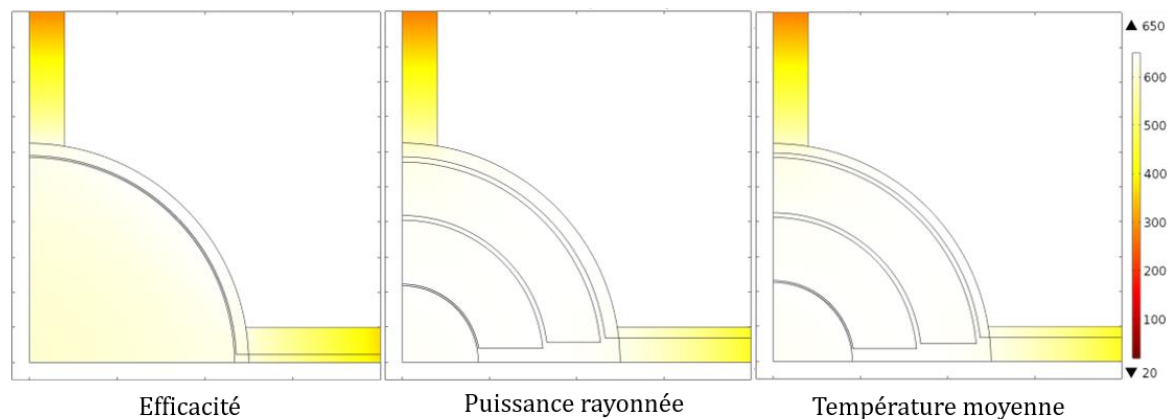


$$r_1 + e_1 + 10^{-6} \leq r_2$$

$$r_2 + e_2 + 10^{-6} \leq r_3$$

$$r_3 + e_3 + 10^{-6} \leq 125 \times 10^{-6}$$

OPTIMISATION DE LA MICROSOURCE INFRAROUGE



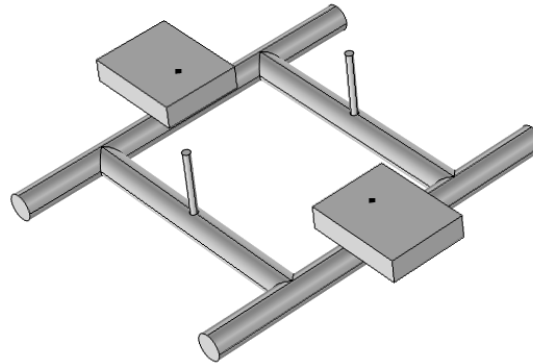
	Température moyenne (°C)	Puissance rayonnée (W)	Puissance électrique consommée (W)	Efficacité (%)
Puissance rayonnée optimisée	645.1	4.6 ^{e-4}	2.6 ^{e-3}	17.57
Température moyenne optimisée	645.1	4.6 ^{e-4}	2.5 ^{e-3}	18.09
Efficacité Optimisée (1 piste)	625	4.2 ^{e-4}	1.3 ^{e-3}	31.56

RAPPELS SUR LA CELLULE PHOTOACOUSTIQUE

3 paramètres géométriques

2 objectifs à étudier :

- Signal mesuré
- Fréquence de résonance



Deux modèles
numériques disponibles

MÉTAMODÉLISATION MULTIFIDÉLITÉ (CELLULE PA)

- Point de départ :

	Sorties	Krigage		RBF	
Kreuzer	Signal	0.0050±0.0012	Gauss	0.0055±0.0018	Gauss
	Fréquence	0.0023±0.0006	Gauss	0.0029±0.0012	Gauss
FLNS	Signal	0.1425±0.0754	Mat 52	0.1222±0.0603	Inv multi
	Fréquence	0.0351±0.0086	Gauss	0.0241±0.0077	Cub

- **Le but du métamodèle multifidélité est d'utiliser l'information venant des deux modèles.**
 - Evofusion (Forrester.)
 - Approche par modèle autorégressif la plus répandue.
 - Hypothèse de corrélation croisée (Zimmermann).
 - Multifidélité avec le gradient fournis par la simulation

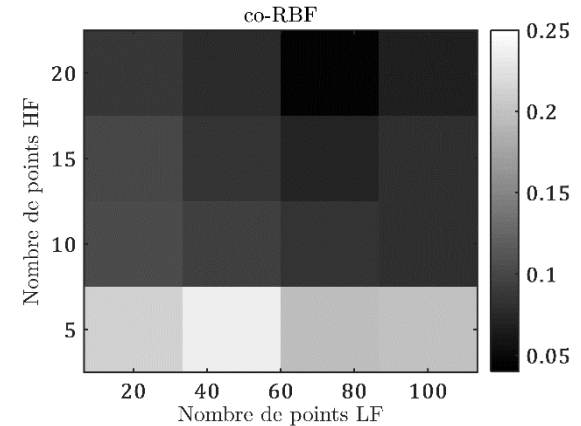
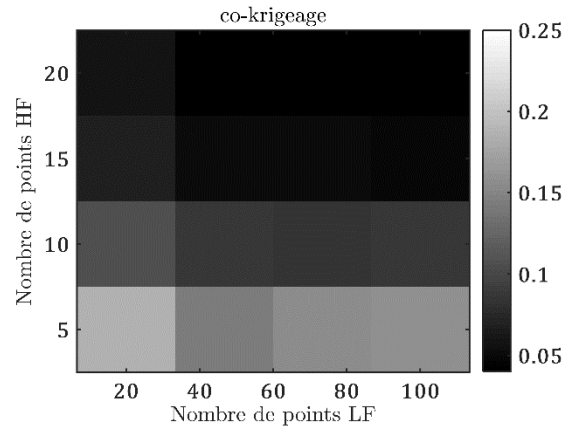
- **Détails sur le modèle autorégressif :**

$$Z_{HF}(\mathbf{x}) = \rho_{LF} \times Z_{LF}(\mathbf{x}) + Z_D(\mathbf{x})$$

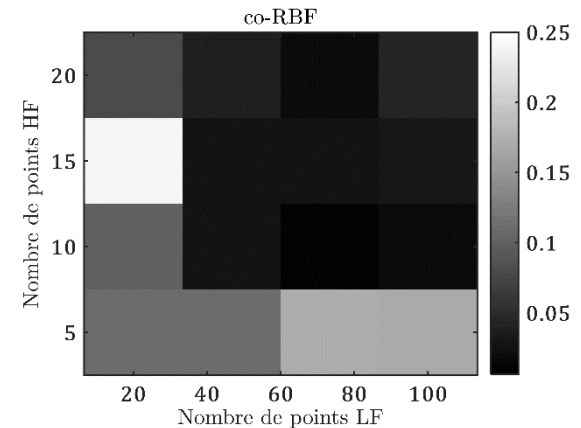
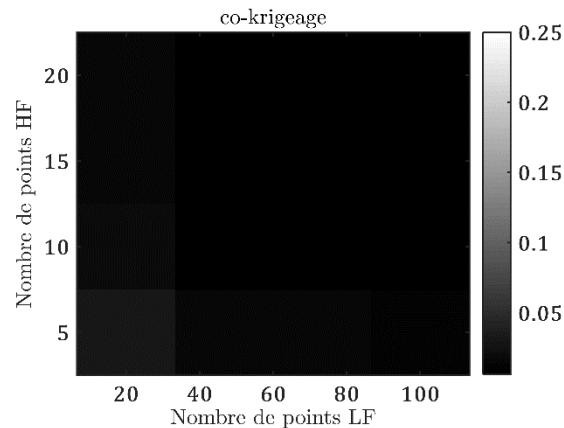
- **On a appliqué le modèle autorégressif pour les RBF : co-RBF**

- Extrait des résultats de comparaison entre co-krigeage et co-RBF :

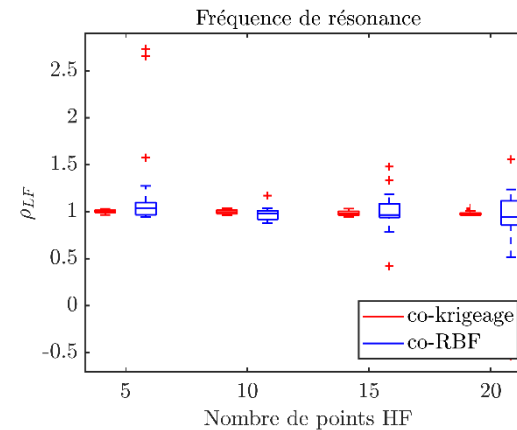
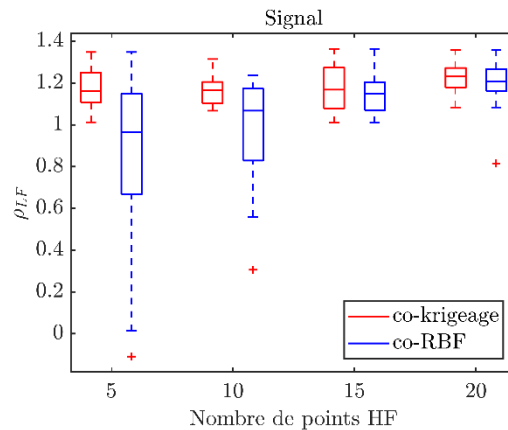
Signal



Fréquence de
résonance



- Extrait des résultats de comparaison entre co-krigeage et co-RBF :



- Optimisation à partir de 5 points HF et 100 points LF :
 - 16 appels au modèle HF autorisés.

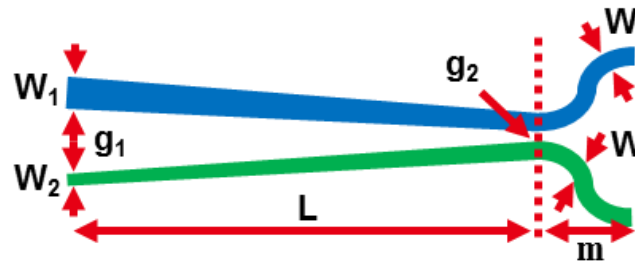
DOE initial	Valeur du minimum (Pa)		Localisation du minimum	
	co-krigeage	co-RBF	co-krigeage	co-RBF
1	-1.88	-1.91	$[0.02, 4.18e^{-4}, 0.0179]$	$[0.02, 5.00e^{-4}, 0.0177]$
2	-1.87	-1.90	$[0.02, 5.00e^{-4}, 0.0159]$	$[0.02, 4.97e^{-4}, 0.0173]$
3	-1.91	-1.90	$[0.02, 4.86e^{-4}, 0.0188]$	$[0.02, 4.73e^{-4}, 0.0200]$
4	-1.90	-1.88	$[0.02, 4.54e^{-4}, 0.0200]$	$[0.02, 5.00e^{-4}, 0.0200]$
5	-1.87	-1.91	$[0.02, 4.58e^{-4}, 0.0200]$	$[0.02, 4.46e^{-4}, 0.0200]$

RAPPELS SUR LE COUPLEUR DIRECTIONNEL

4 paramètres géométriques

Etude de la robustesse l'écart au taux de couplage :

$$T_c = \left| \frac{P_1(\lambda, x) - 0,5}{P_1(\lambda, x) + P_2(\lambda, x)} \right|$$



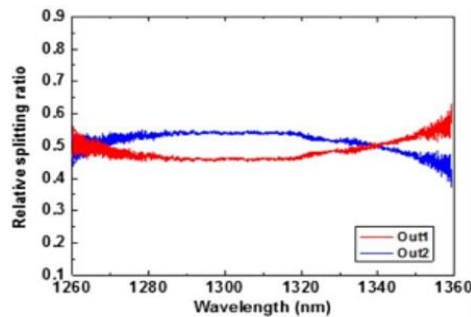
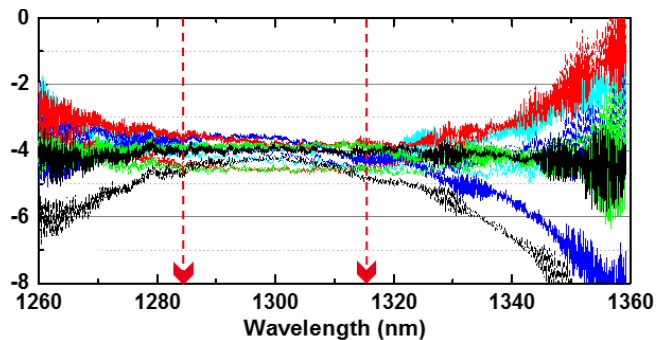
- Concevoir des composants robustes en longueur d'onde est une heuristique pour assurer la robustesse en fabrication

J. Lu and J. Vučković, "Nanophotonic computational design,"
Optics Express, vol. 21, no. 11, p. 13351, Jun. 2013.

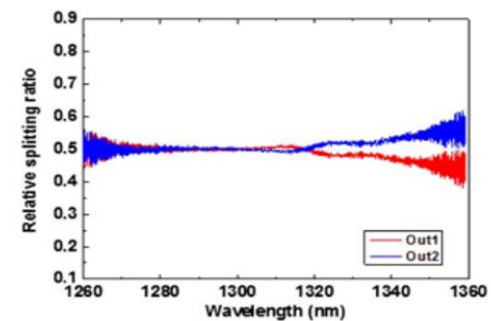
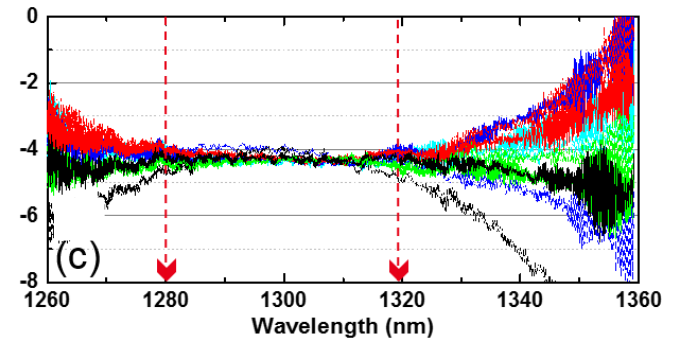
RÉSULTATS APRÈS FABRICATION

- Mesures effectuées sur un dispositif obtenu avec une méthode moins évoluée :

Optimisé pour $\lambda = 1310$ nm

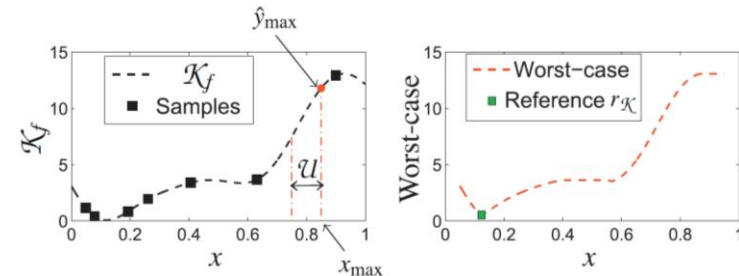


Optimisé pour
 $\lambda = [1271, 1291, 1311, 1331]$ nm



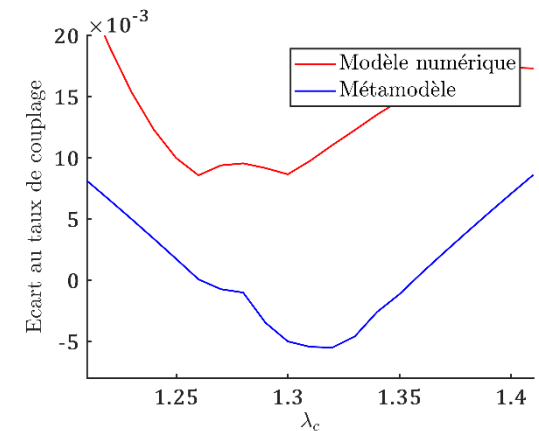
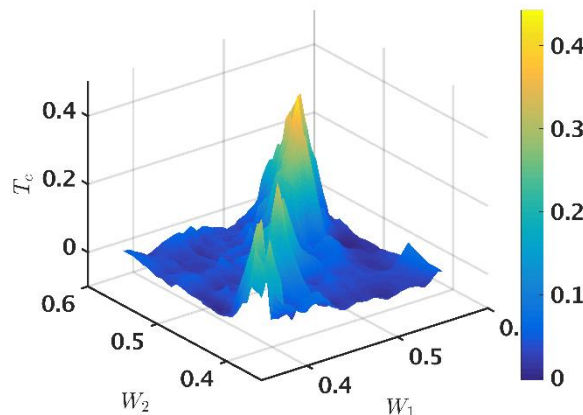
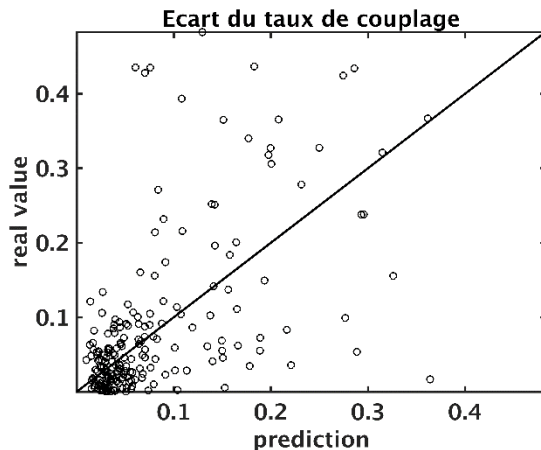
- Choix du pire scénario

$$EI = (r_{\mathcal{K}} - \hat{y}_{\max})\Phi\left(\frac{r_{\mathcal{K}} - \hat{y}_{\max}}{\hat{\sigma}}\right) + \hat{\sigma}\phi\left(\frac{r_{\mathcal{K}} - \hat{y}_{\max}}{\hat{\sigma}}\right)$$



S. ur Rehman, M. Langelaar, and F. van Keulen, "Efficient Kriging-based robust optimization of unconstrained problems," *Journal of Computational Science*, vol. 5, no. 6, pp. 872–881, Nov. 2014.

- Echec de l'optimisation, erreur de prédiction trop importante :

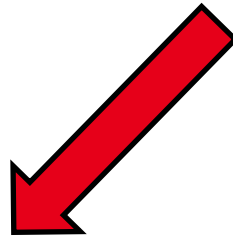


OPTIMISATION ROBUSTE DU COUPLEUR

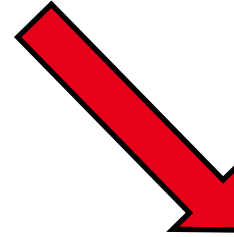
- Choix envisagés pour garantir la réussite de l'optimisation robuste :

Discrétisation du paramètres
de longueur d'onde

$$\lambda = \{1260 ; 1310 ; 1360\} \text{ nm}$$



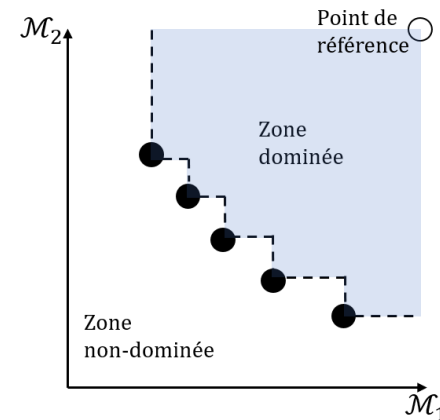
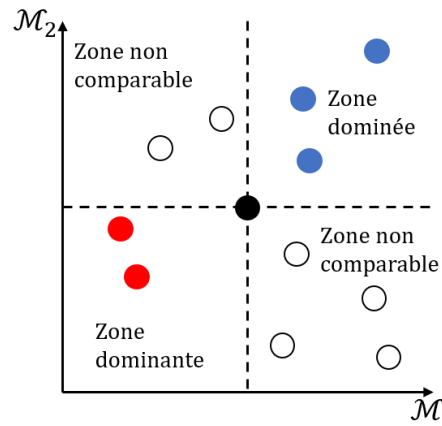
Métamodélisation pour
variables mixtes



Formulation multi-objectif du
problème du pire scénario

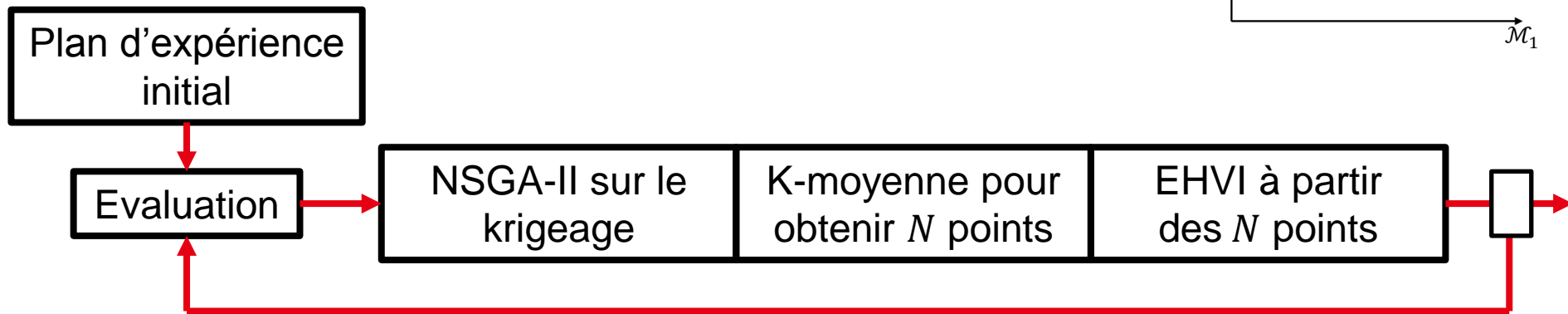
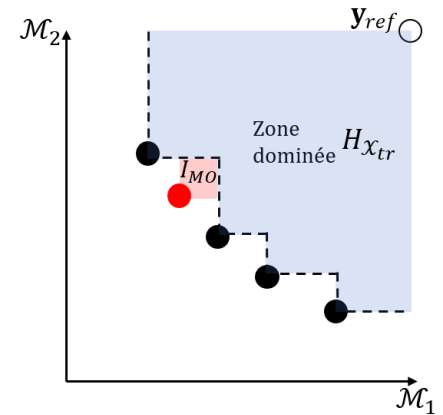
OPTIMISATION ROBUSTE DU COUPLEUR

- **Discrétisation de la longueur d'onde**
 - Utilisation d'une méthode multi-objectif pour résoudre le problème du pire scénario.



- Un objectif correspond au taux de couplage pour une longueur d'onde.
- **La métamodélisation pour variables mixtes n'a pas apporté de résultats satisfaisant.**

- Stratégie MOEGO :



- Proposition d'utiliser l'EI et son gradient à la place du critère EHVI
 - Intérêt lorsque le nombre d'objectifs est supérieur à 4.

- **Obtention de la direction commune de minimisation des objectifs, méthode locale.**

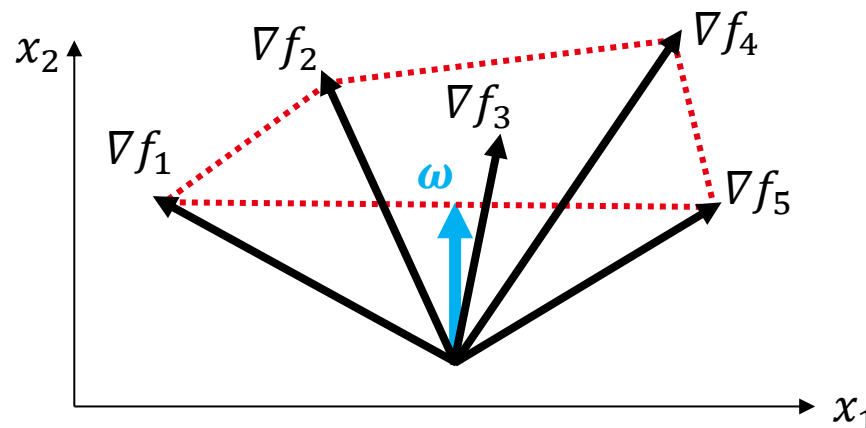
- Hypothèse de convexité locale des fonctions objectifs.

$$\bar{U} = \left\{ \mathbf{u} \in \mathbb{R}^n, \mathbf{u} = \sum_i \alpha_i \nabla f_i, \sum_i \alpha_i = 1 \right\}$$

- Existence et unicité de l'élément de plus petite norme (son opposé est la direction de descente) :

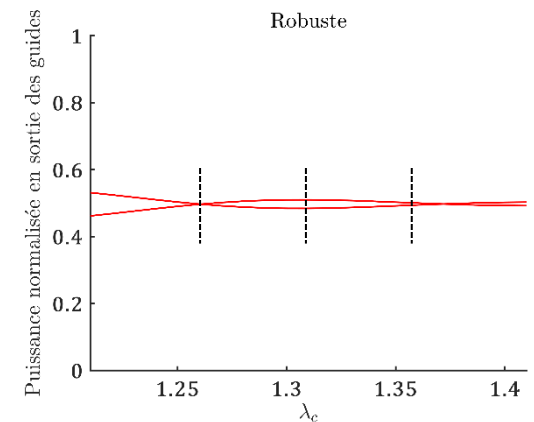
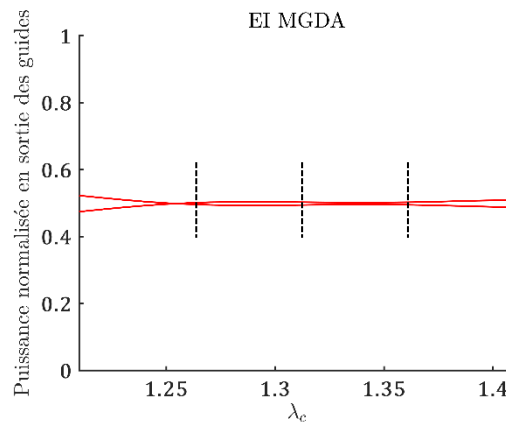
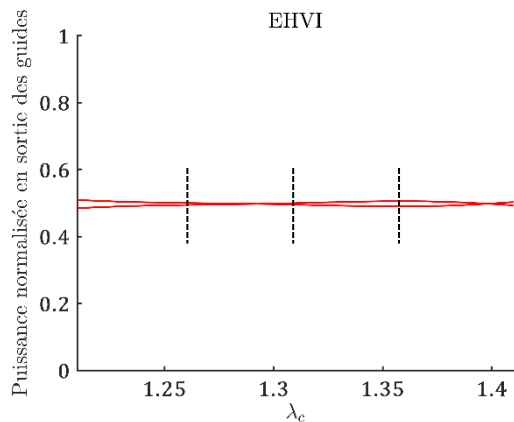
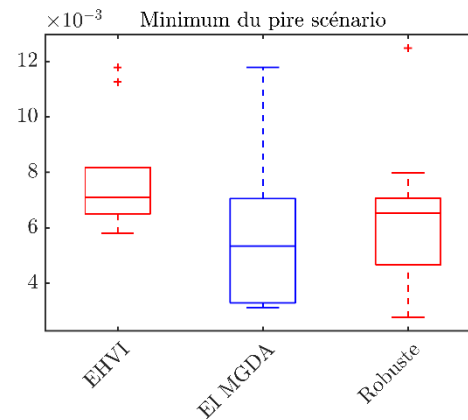
$$\exists! \boldsymbol{\omega} = \arg \min_{\mathbf{u} \in \bar{U}} \|\mathbf{u}\|$$

$$\langle \nabla f_i, \boldsymbol{\omega} \rangle = \nabla f_i \mathbf{A} \boldsymbol{\omega} = \nabla f_i \mathbf{d} \geq \|\boldsymbol{\omega}\|^2 \geq 0$$



OPTIMISATION ROBUSTE DU COUPLEUR

- **Comparaison des résultats selon la méthode utilisée :**
 - 10 expériences à partir de 200 points + 150 évaluations du modèle.



PLAN

I. Identification des cas représentatifs

- Microsource infrarouge
- Cellule photoacoustique
- Coupleur directionnel

II. Métamodèles

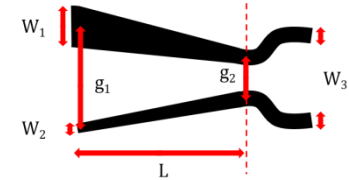
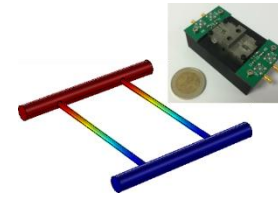
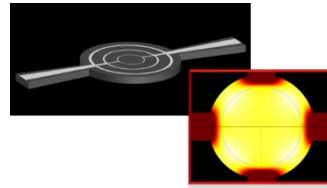
- Krigeage
- RBF

III. Stratégies adaptatives pour l'optimisation

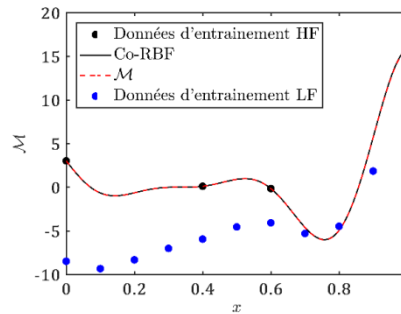
- Cadre général
- Optimisation à un objectif avec ou sans contrainte

IV. Contributions

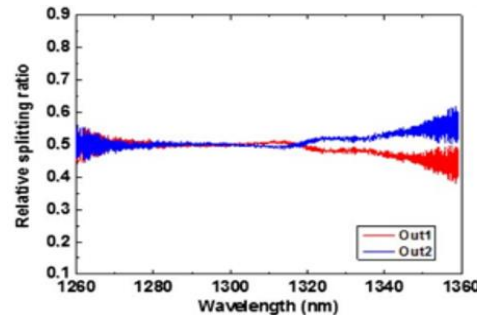
- Microsource optimisée en efficacité
- Co-RBF
- Méthode EI-MGDA



- Analyse des problématiques d'optimisation sur 3 cas.
 - Proposition d'une version multifidélité des RBF.

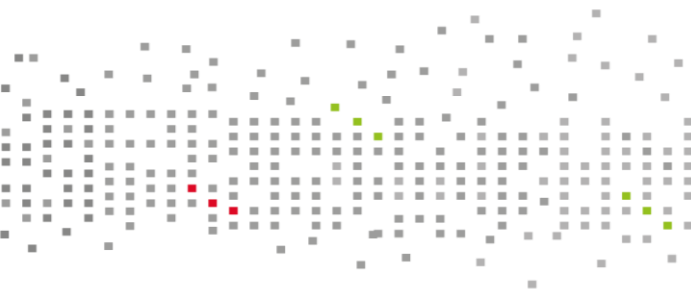


- Démarche d'optimisation robuste des composants photoniques.



- Développement d'une boîte à outils permettant de reproduire les résultats obtenus.

- **Court terme :**
 - Utilisation d'un modèle plus haute fidélité pour le coupleur directionnel (FDTD).
 - Augmentation du nombre de longueurs prise en compte pour vérifier l'intérêt de la procédure EI MGDA sur un grand nombre d'objectifs
- **Moyen terme :**
 - Critère d'optimisation pour la co-RBF sélectionnant le niveau du modèle à évaluer.
 - Amélioration du calcul de mesure de robustesse sur les problèmes liés à la photonique par calcul analytique à partir du krigeage.
 - Utilisation des polynômes de chaos pour la propagation des incertitudes.
- **Long terme :**
 - Intégration des résultats expérimentaux par calibration bayésienne.



Leti, technology research institute

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Minatec Campus | 17 rue des Martyrs | 38054 Grenoble Cedex | France
www.leti-cea.com

