

Diagnostic de fautes de circuits analogiques basé sur l'apprentissage automatique

Ke HUANG

Groupe RMS, Laboratoire
TIMA



Plan

- Introduction: motivation de diagnostic dans les circuits analogiques & mixtes
- Méthodologie: Diagnostic de fautes basé sur l'apprentissage automatique
- Cas d'étude: Amplificateur bas bruit (LNA)
- Conclusions et travaux futurs

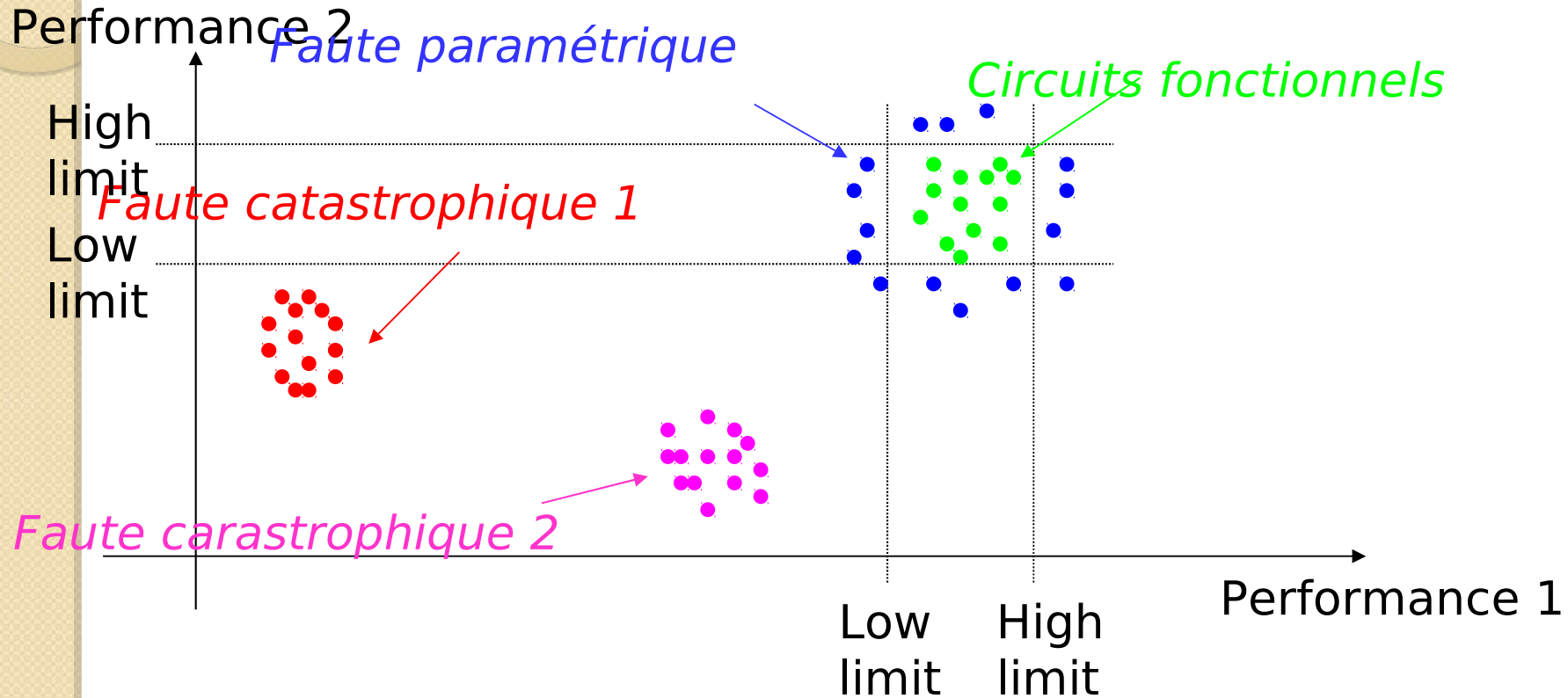
Pourquoi diagnostic de fautes?

- Diagnostic de premiers prototypes de circuits intégrés → réduire les itérations du design
- Diagnostic de circuits défectueux en production de masse → améliorer le rendement de production
- Diagnostic de source de défaillance des circuits d'un système de sécurité critique (e.g. automobile, aérospatial) → augmenter la fiabilité du système

Challenges

- Manque d'outil automatique pour le diagnostic
- Difficulté de diagnostic au niveau transistor: Difficile de contrôler et observer les composants à l'intérieur d'un circuit intégré
- Modèle de fautes incomplets
- Ambiguïtés de fautes

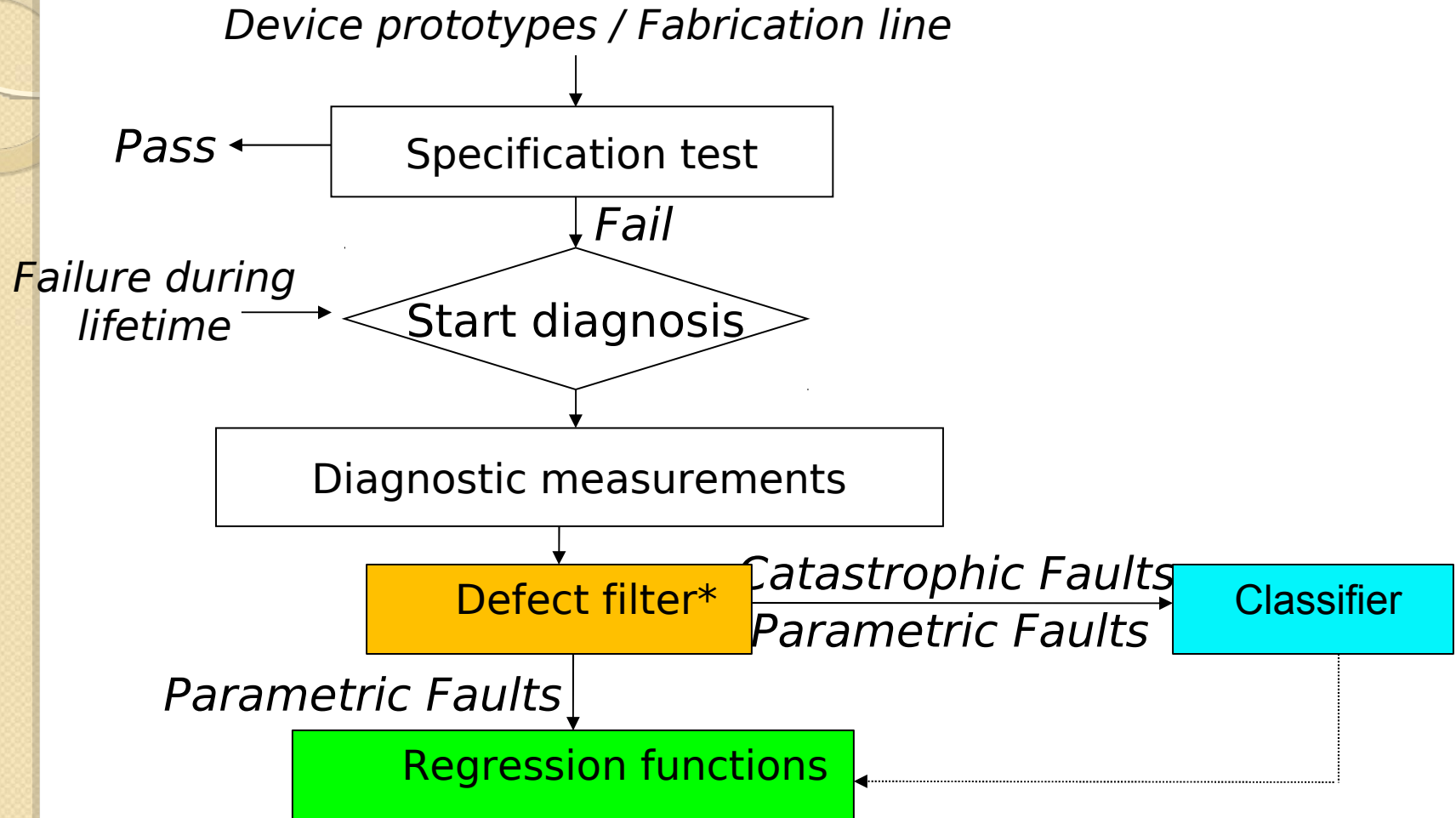
Impact d'une faute sur les performances d'un circuit analogique intégré



Plan

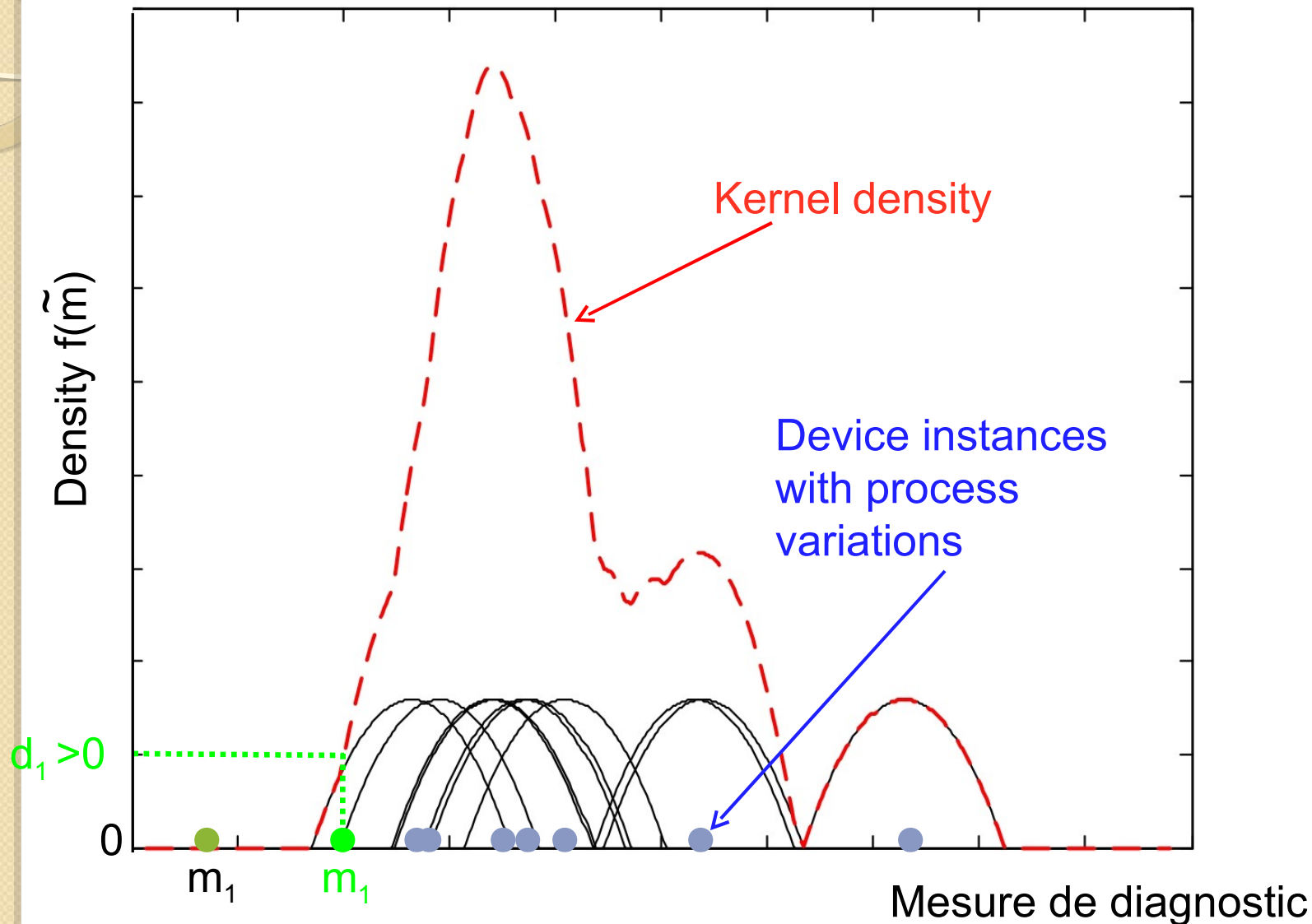
- Introduction: motivation de diagnostic dans les circuits analogiques & mixtes
- **Méthodologie: Diagnostic de fautes basé sur l'apprentissage automatique**
- Cas d'étude: Amplificateur bas bruit (LNA)
- Conclusions et travaux futurs

Méthodologie proposée

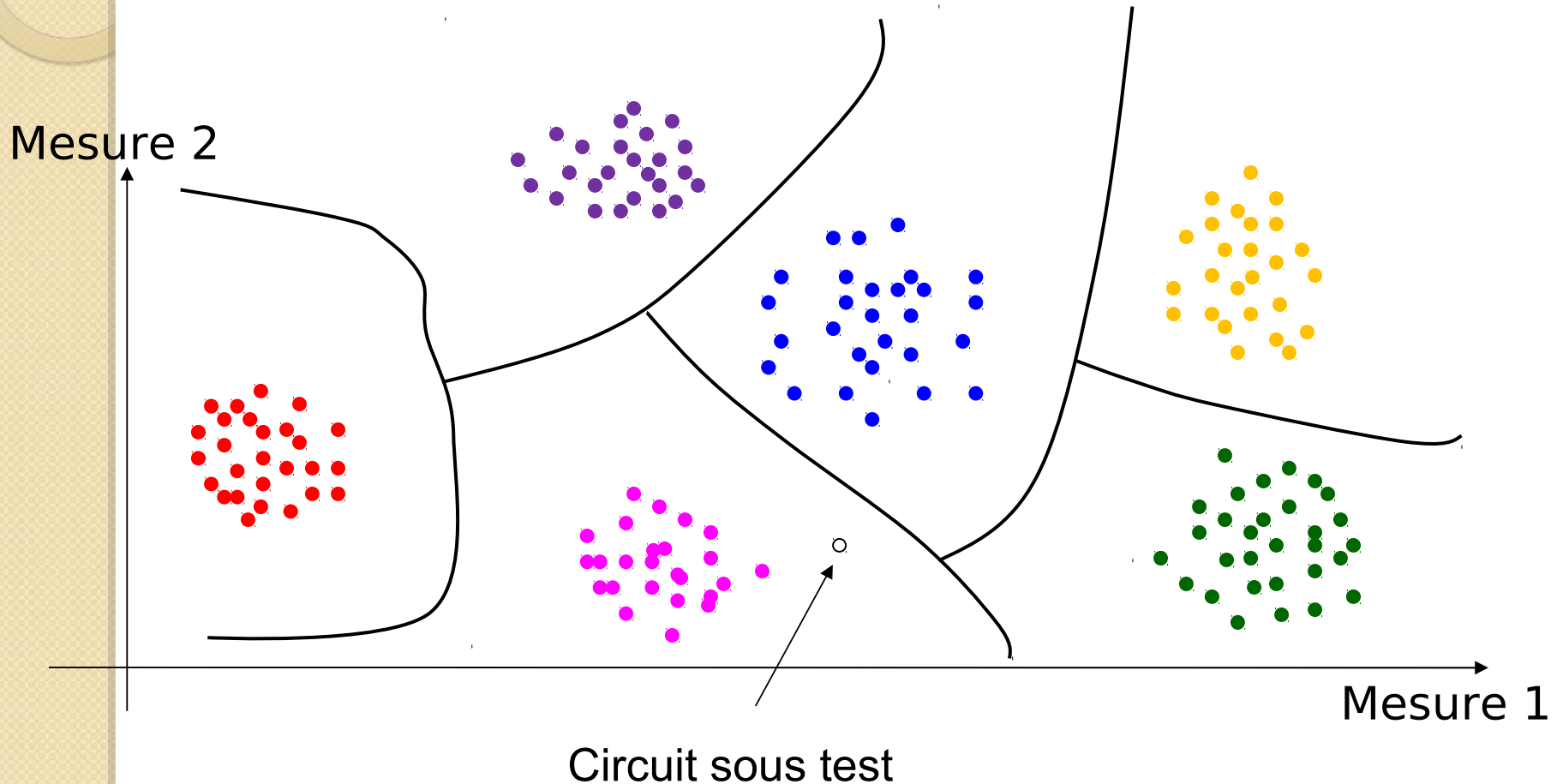


*H. Stratigopoulos, S. Mir, E. Acar and S. Ozev,
“Defect filter for alternate RF test,” ETS’09

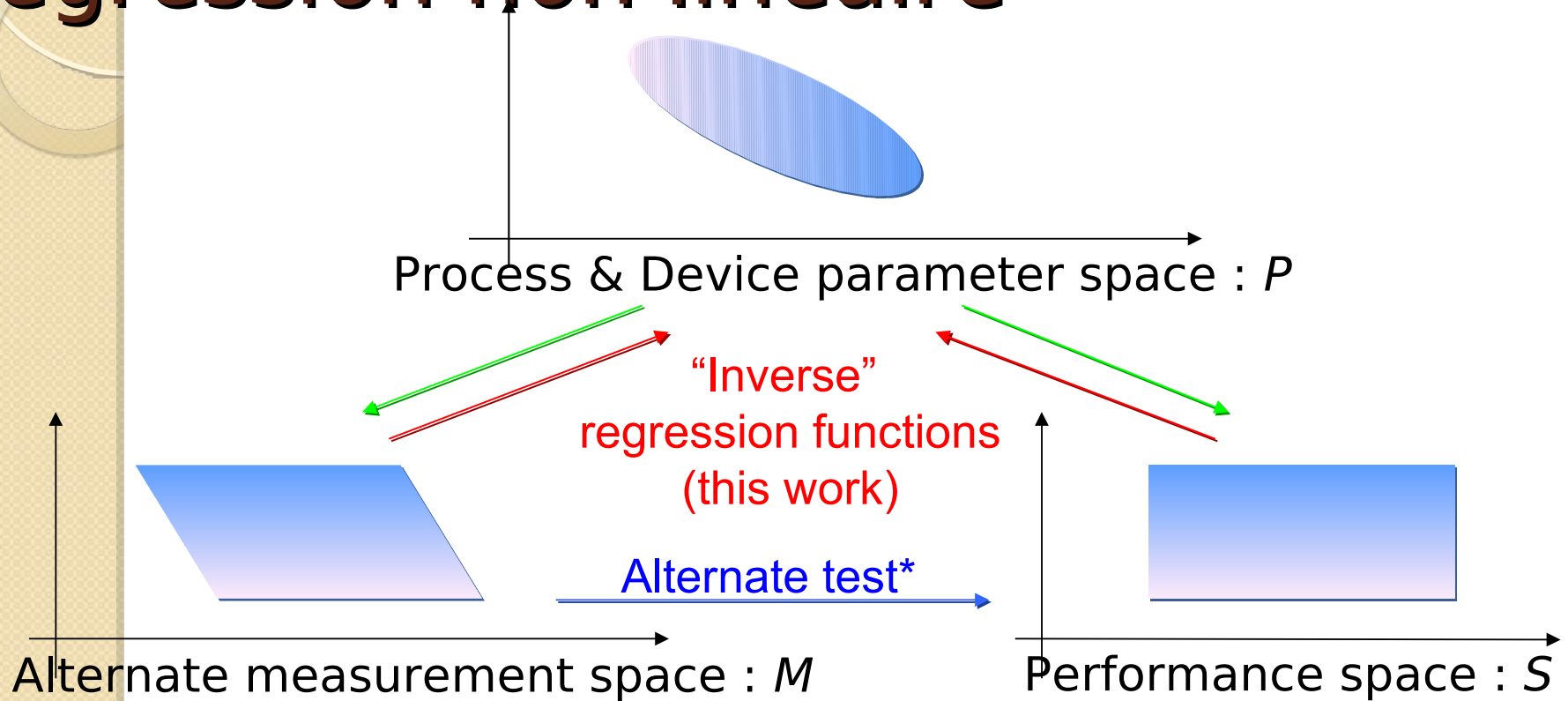
Estimation de la densité de probabilité



Diagnostic de fautes catastrophiques: classificateur



Diagnostic de fautes paramétriques: Fonction de régression non linéaire

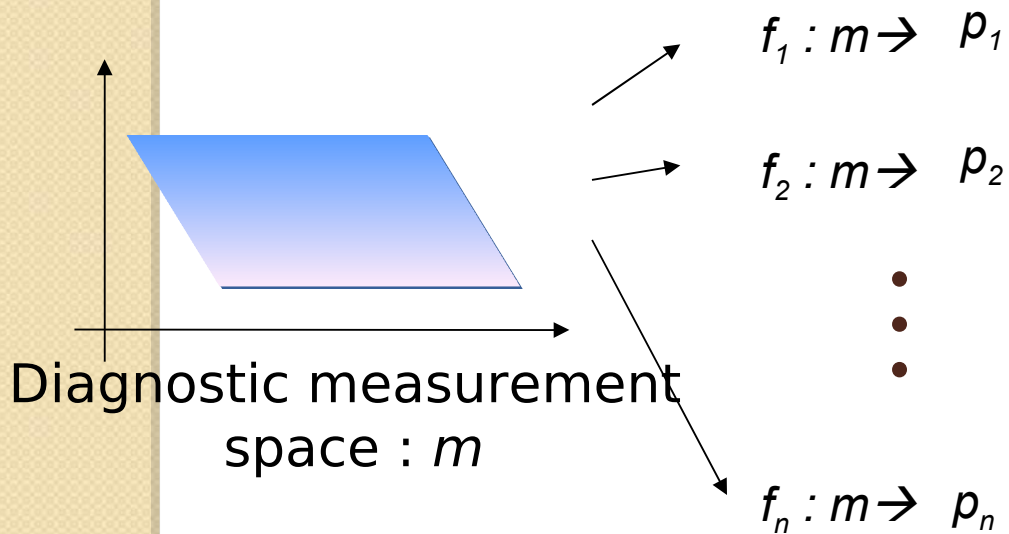


*R. Voorakaranam, S. S. Akbay, S. Bhattacharya, S. Cherubal and A. Chatterjee "Signature testing of analog and RF circuits: algorithms and methodology," IEEE TCAS-I' 07

Diagnostic de fautes

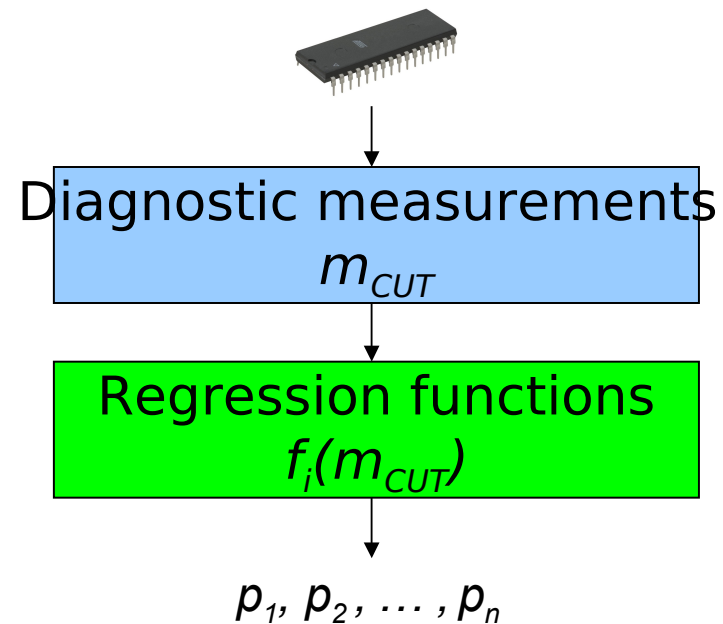
paramétriques: Fonction de régression non linéaire

Learning phase



Diagnosis phase

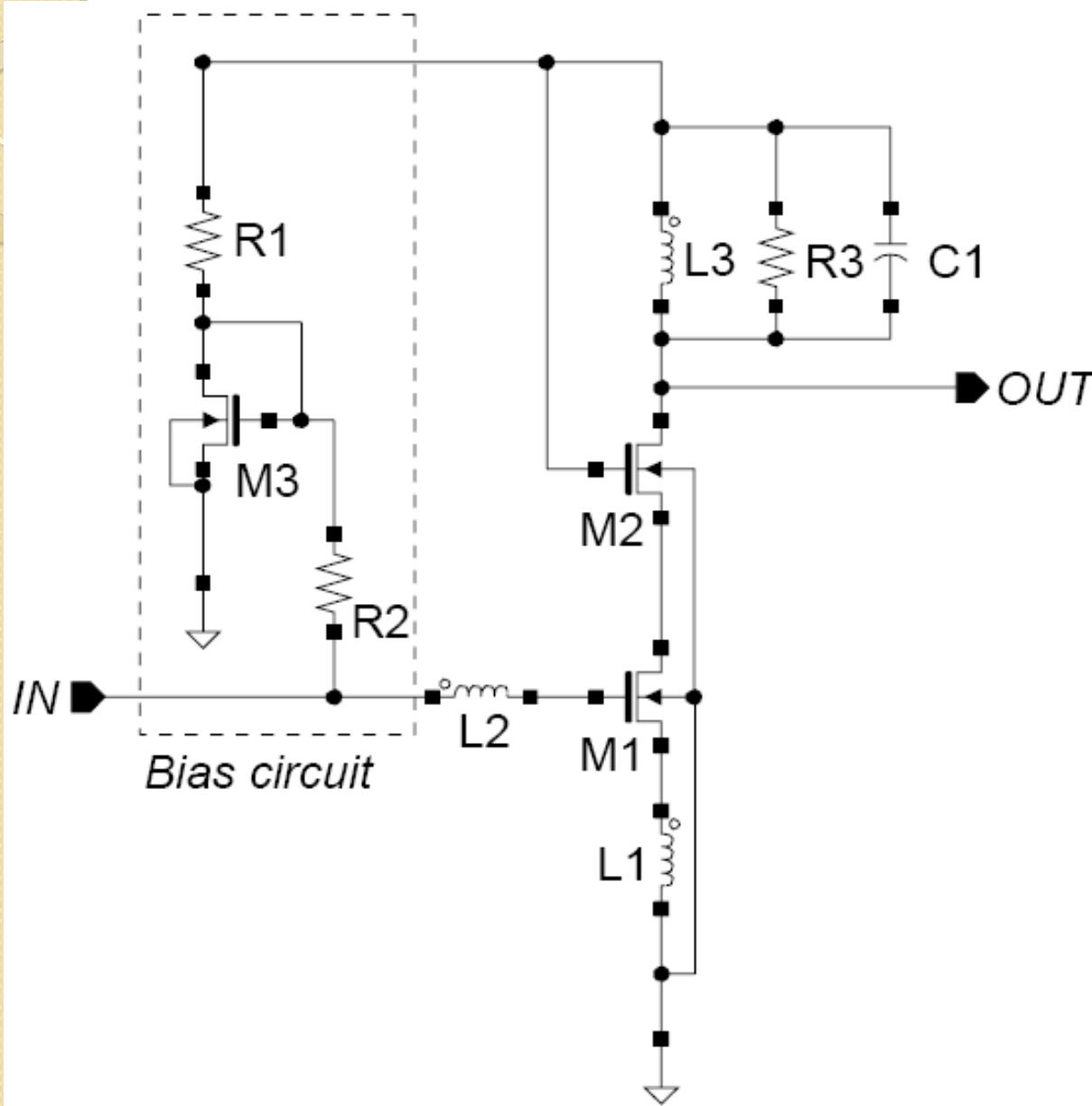
DUT
(Device Under test)



Plan

- Introduction: motivation de diagnostic dans les circuits analogiques & mixtes
- Méthodologie: Diagnostic de fautes basé sur l'apprentissage automatique
- **Cas d'étude: Amplificateur bas bruit (LNA)**
- Conclusions et travaux futurs

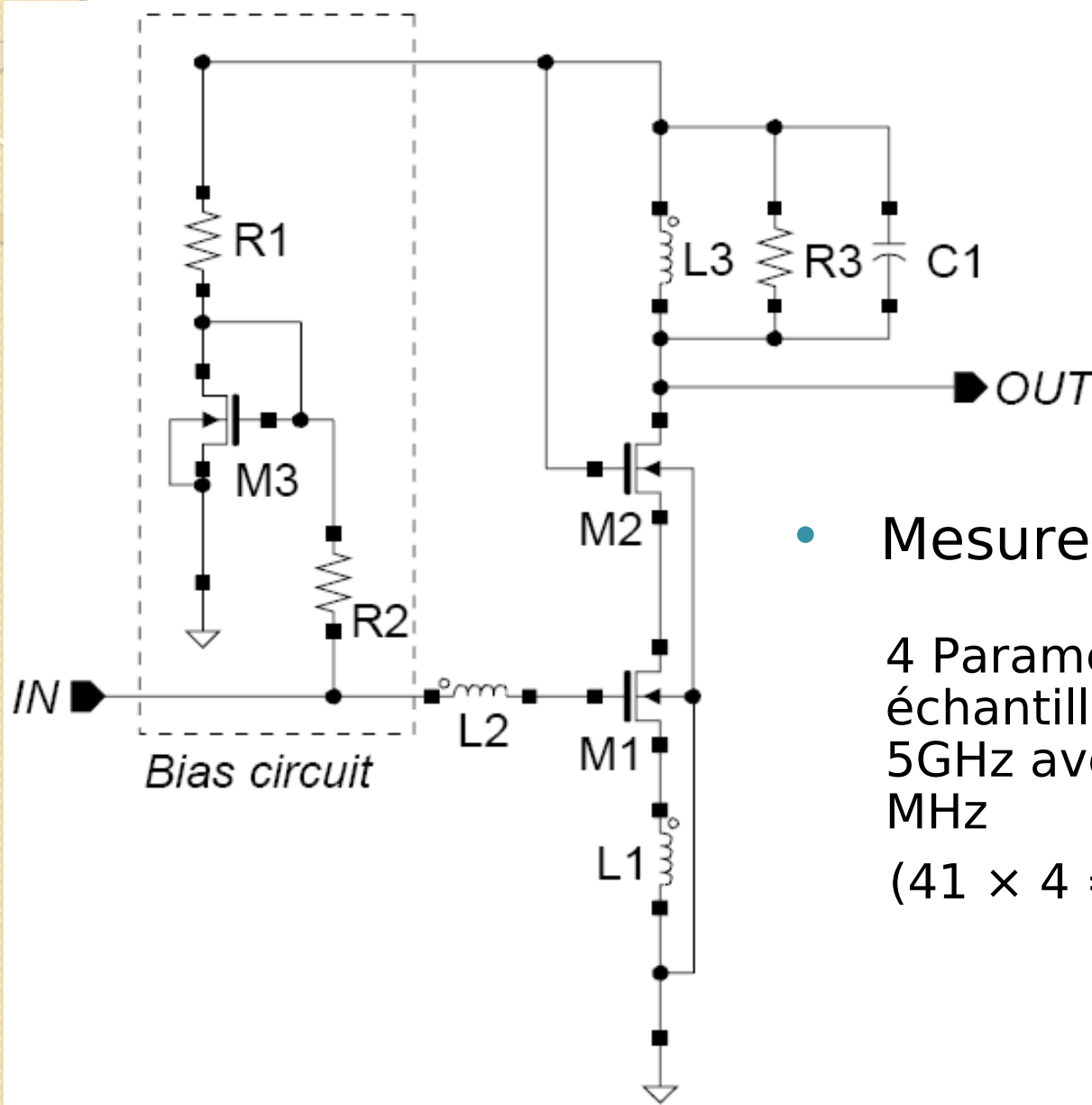
Cas d'études : 2.4 GHz LNA



Spécifications:

NF	<0.8dB
S_{11}	<-8dB
S_{12}	<-35dB
S_{21}	>11.5dB
S_{22}	<-8.1dB
1-dB CP	>-3dBm
IIP3	>2.8dBm

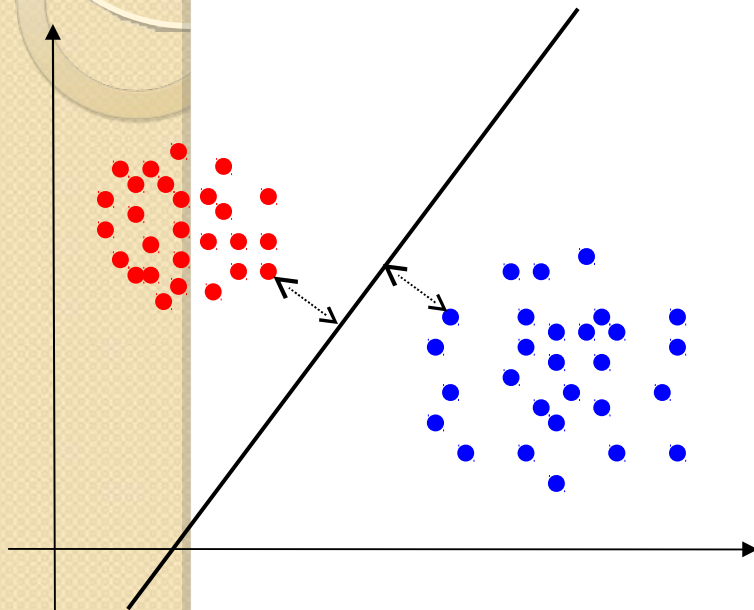
Cas d'études : 2.4 GHz LNA



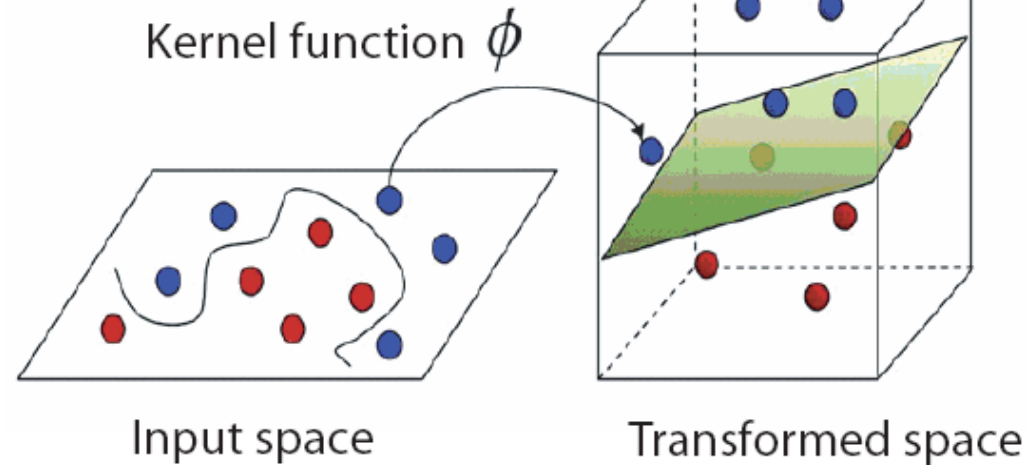
- Mesure de diagnostic:
4 Paramètres S
échantillonnés de 1GHz à
5GHz avec un pas de 100
MHz
(41 × 4 = 164 en total)

Classification & régression avec *Support Vector Machines (SVMs)**

SVM classifier



Maximum-margin hyper-plane for linearly separable classes

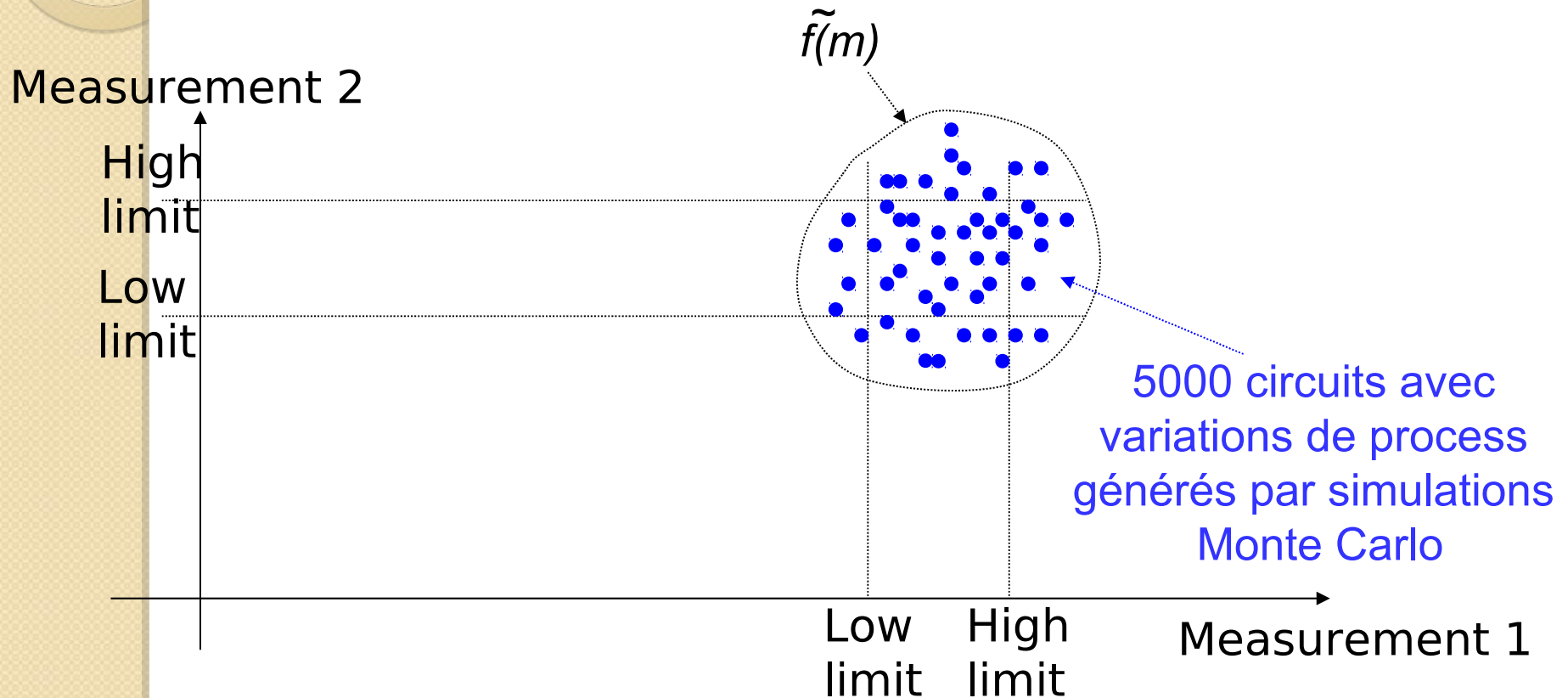


Transformation of space for non-linearly separable classes

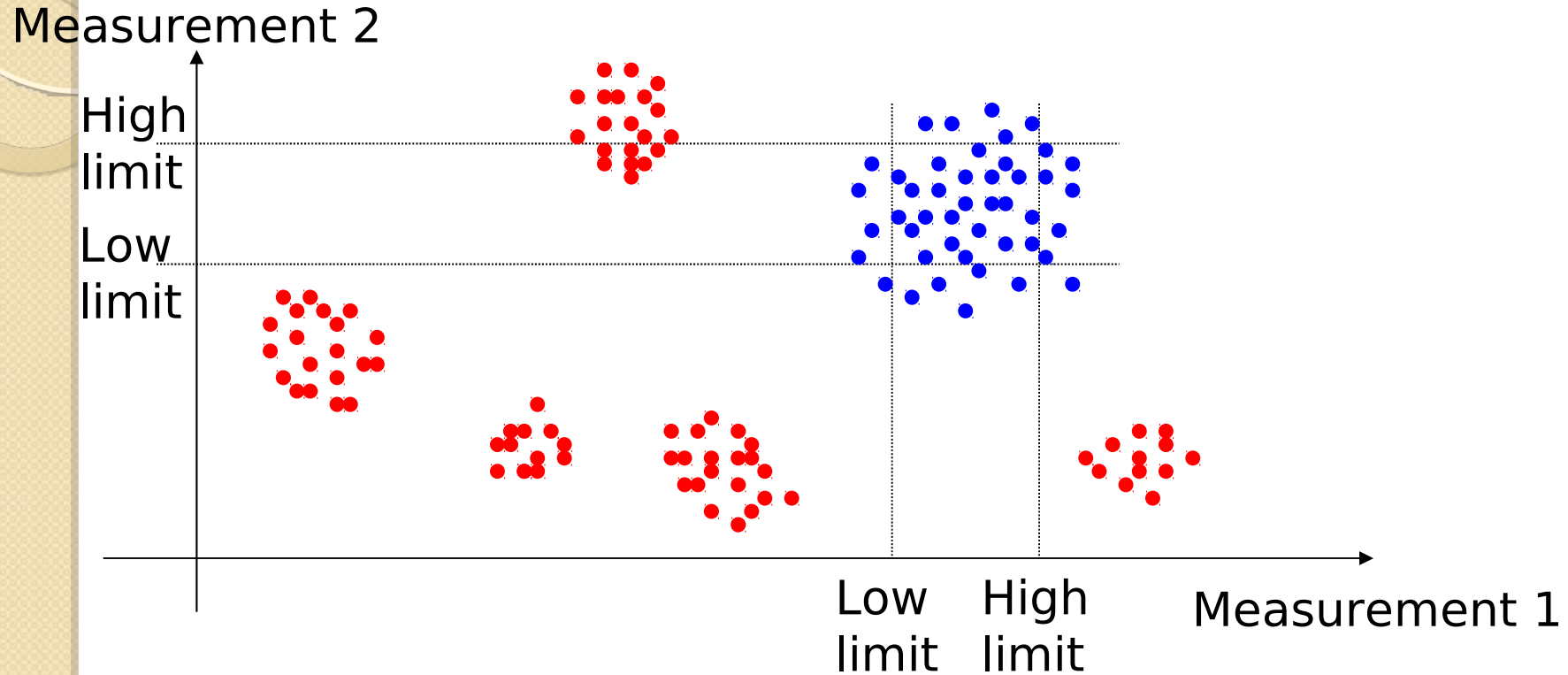
- **SVMs can be adapted for regression**

*A. Karatzoglou, A. Smola, K. Hornik and A. Zeileis "An S4 package for kernel methods in R," J. Stat. Softw., 2004

Entraînement du filtre de défauts



Validation du filtre de défauts

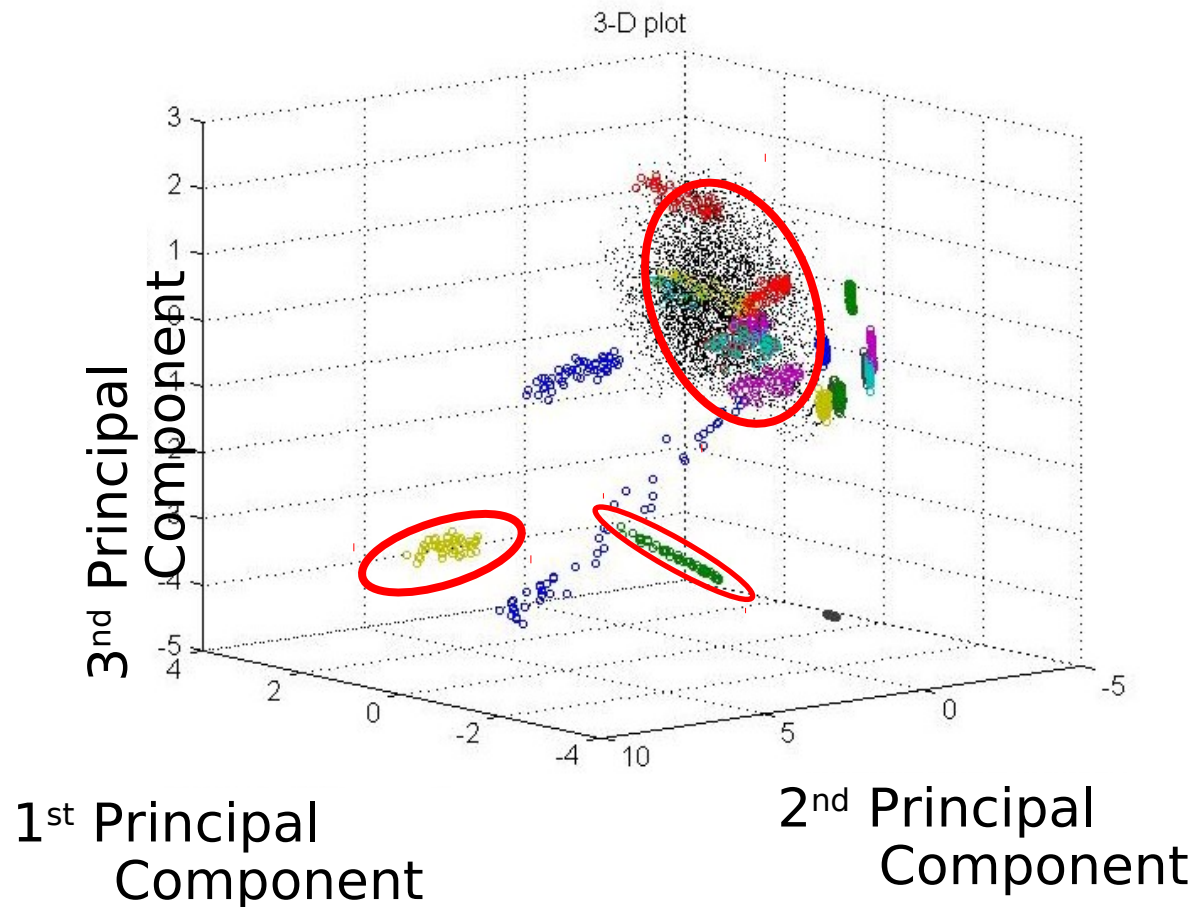


Estimated probability density : $f(m) > 0$ ~

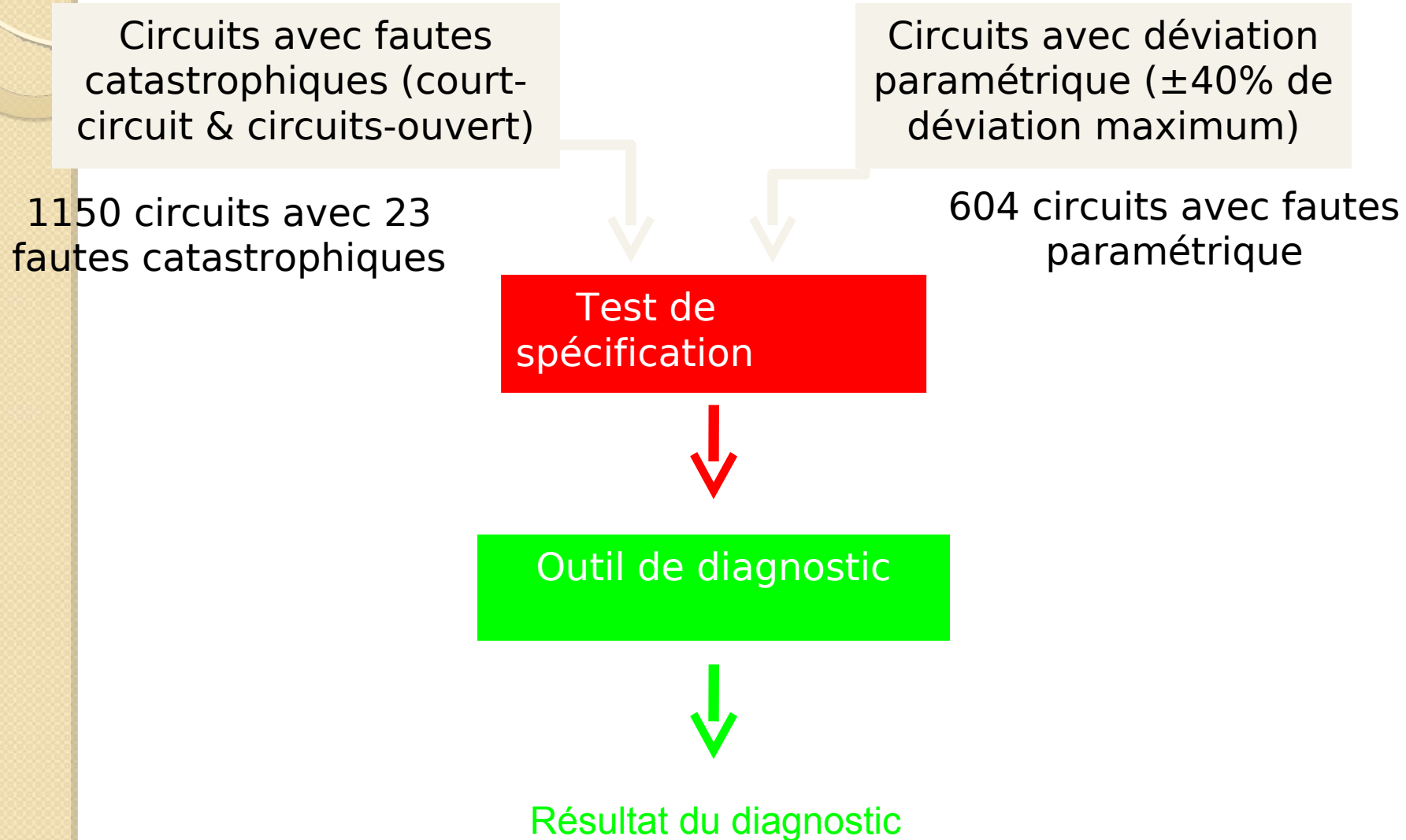
Estimated probability density : $f(m) = 0$ ~

Validation du filtre de défauts

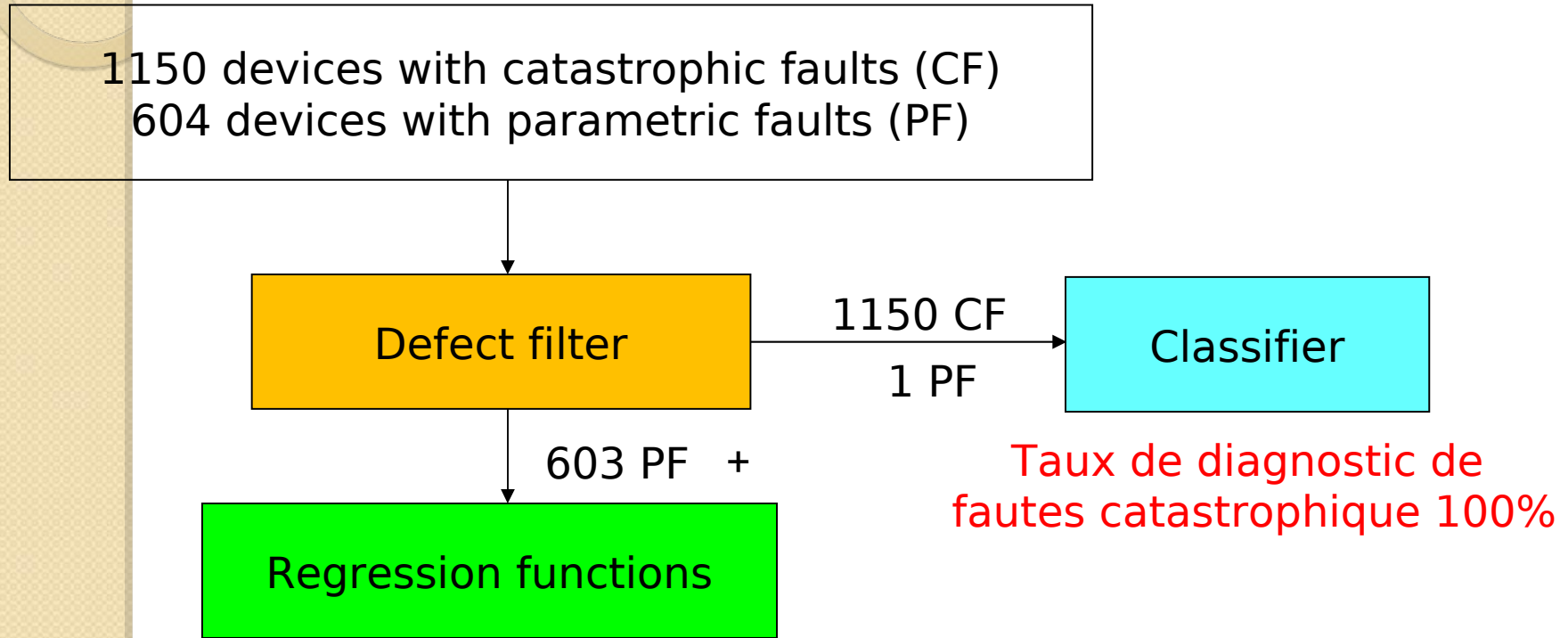
- Projection de circuits de l'entraînement dans les trois premières composantes principales après une Analyse en Composantes Principales des données



Diagnostic: Injection de fautes

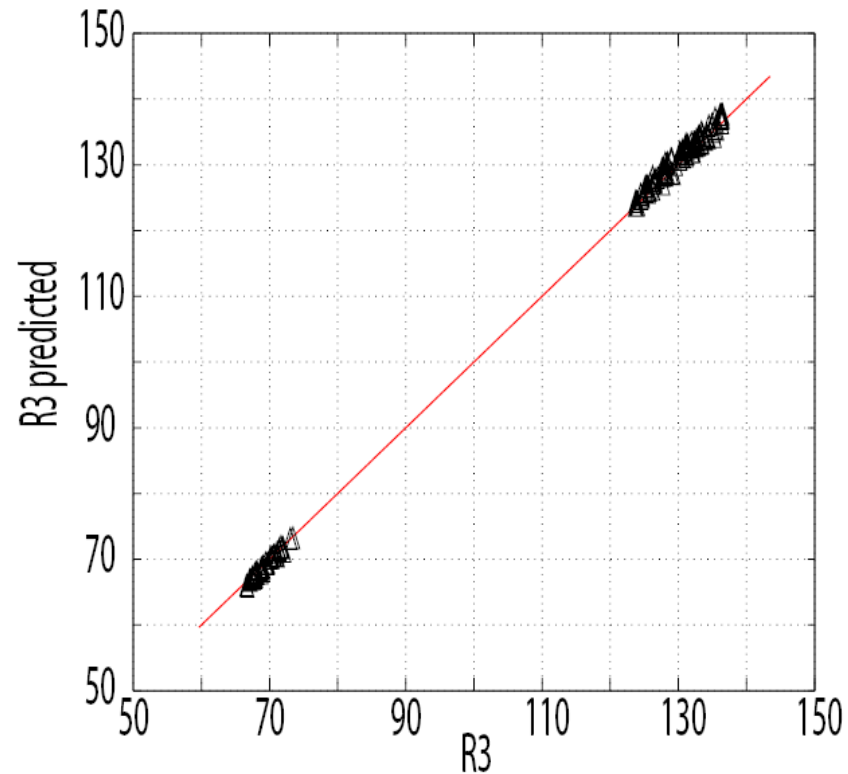
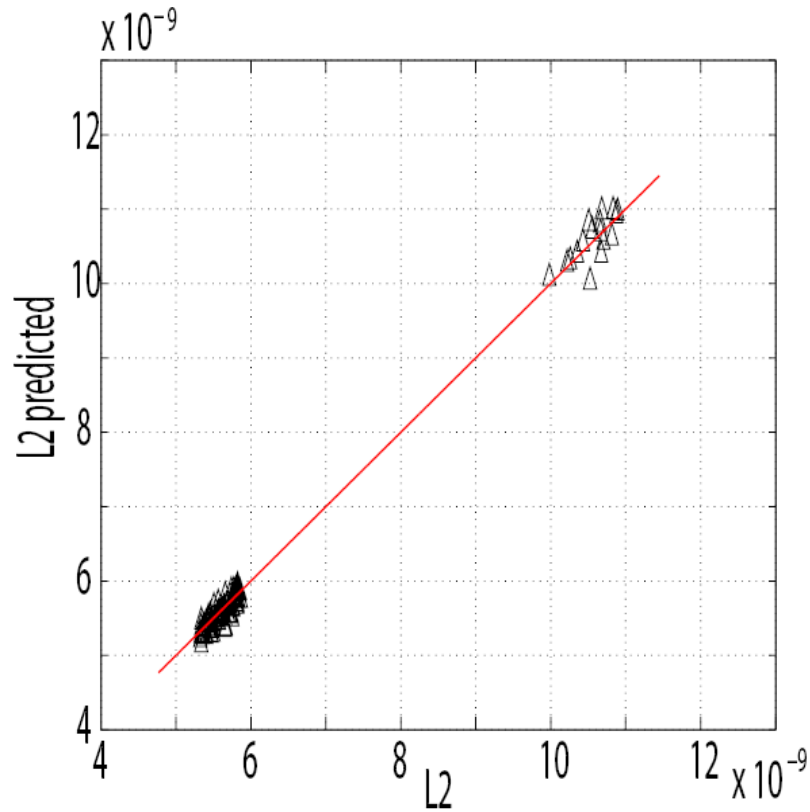


Résultat du diagnostic: Filtre de défauts & classificateur



Résultat du diagnostic: Fonction de régression

- Prédiction pour L2 et R3



Plan

- Introduction: motivation de diagnostic dans les circuits analogiques & mixtes
- Méthodologie: Diagnostic de fautes basé sur l'apprentissage automatique
- Cas d'étude: Amplificateur bas bruit (LNA)
- **Conclusions et travaux futurs**

Conclusions

- Diagnostic de fautes basé sur l'apprentissage automatique
- Filtre de défauts permet une approche unique de diagnostic de fautes catastrophique/paramétrique
- Classificateur multi-classes pour diagnostiquer les fautes catastrophique
- Fonction de régression inverse pour identifier les fautes paramétriques

Travaux futurs

- Modèle de fautes plus réalistes, injection de fautes sur le layout
- Optimisation de stimuli de test pour améliorer le diagnostic
- Application de la méthodologie proposée à un cas d'études réel

(en collaboration avec NXP – Pays-Bas, projet Catrene TOETS)



Merci de votre attention!
Question?