

# Simulation de composants semi-conducteurs

***BENYAMNA Mustapha***

*Rémi Cornat , Pascal Gay , François Morisseau,  
Groupe ILC*



# *Plan*

- Introduction
- Suite logicielle SILVACO
- Qualification de SILVACO
  - Module ATLAS
  - Module LUMINOUS
- Application au Prototype Si-W de Calice
- Conclusion



# ***Introduction***

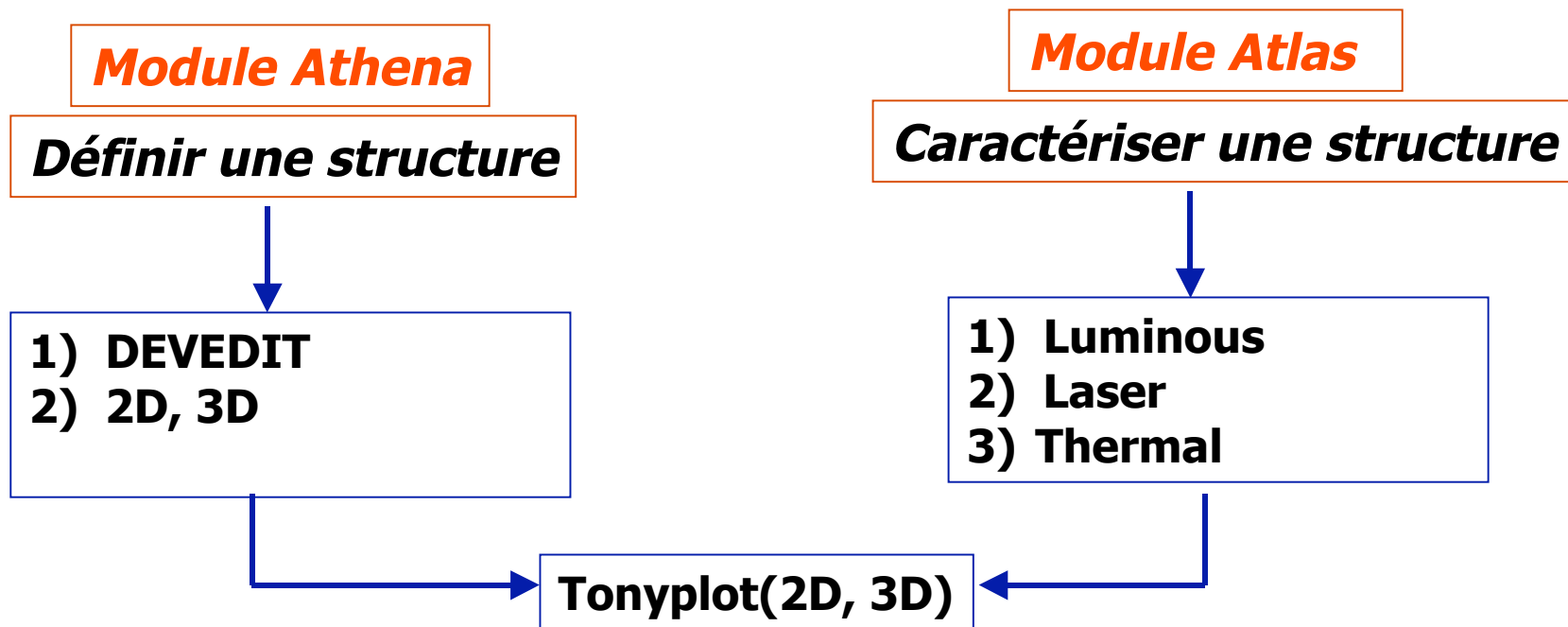
- ***Détecteur en Physique :***  
capteur semi-conducteurs
- ***Calorimètre Si-W CALICE***  
prototype - données réelles  
événements « carrés »
- ***Approche en parallèle: Simulation des structures semi-conductrices***



# Suite logicielle SILVACO

www.silvaco.fr

**SILVACO est un logiciel qui permet de *simuler* des composantes à base de silicium, et les *caractériser* en utilisant plusieurs options .**



➔ Application à tous les Détecteurs de Silicium



# Module ATHENA

Processus de construction d'une structure

a) Définir la géométrie

b) Maillage

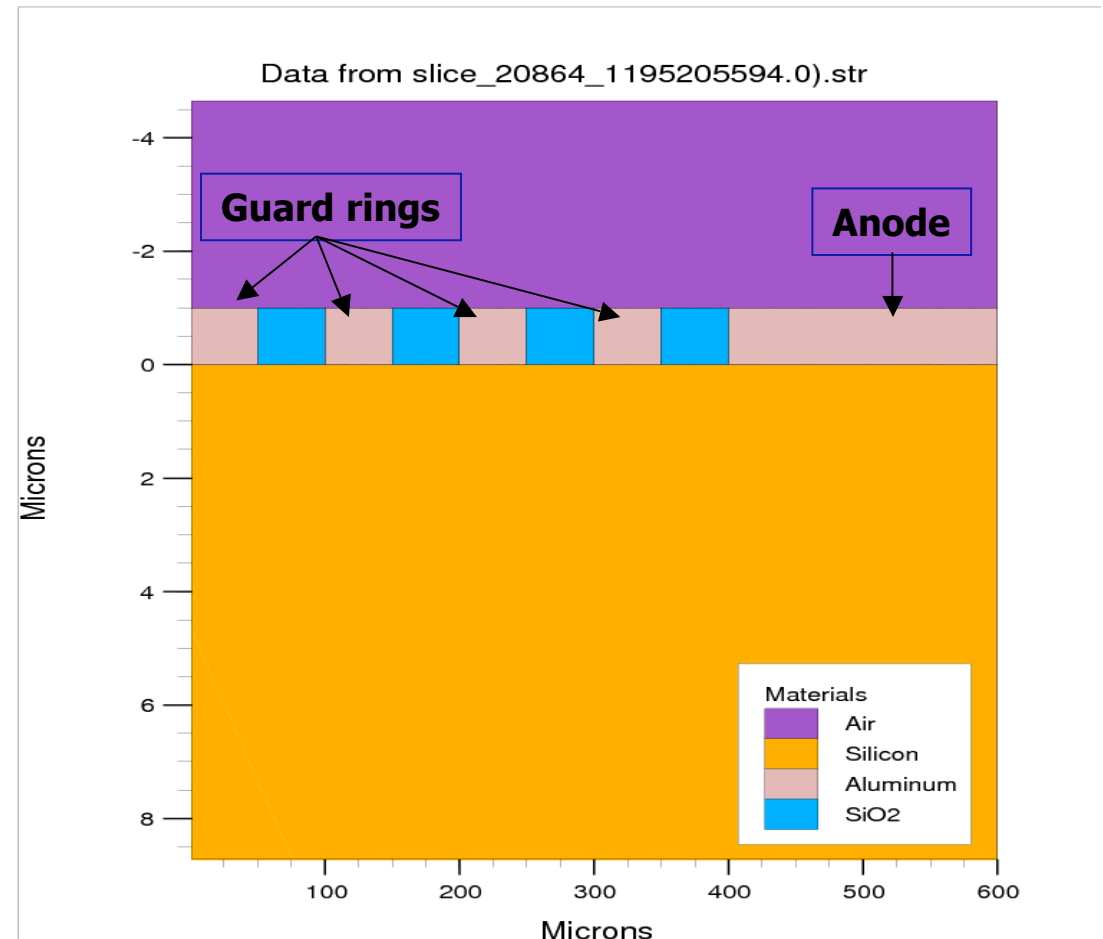
c) Processus de fabrication

\* Gravure

\* Implantation

\* Oxydation

Module Athéna → Définition de la géométrie d'un composant



# Module ATHENA

Processus de construction d'une structure

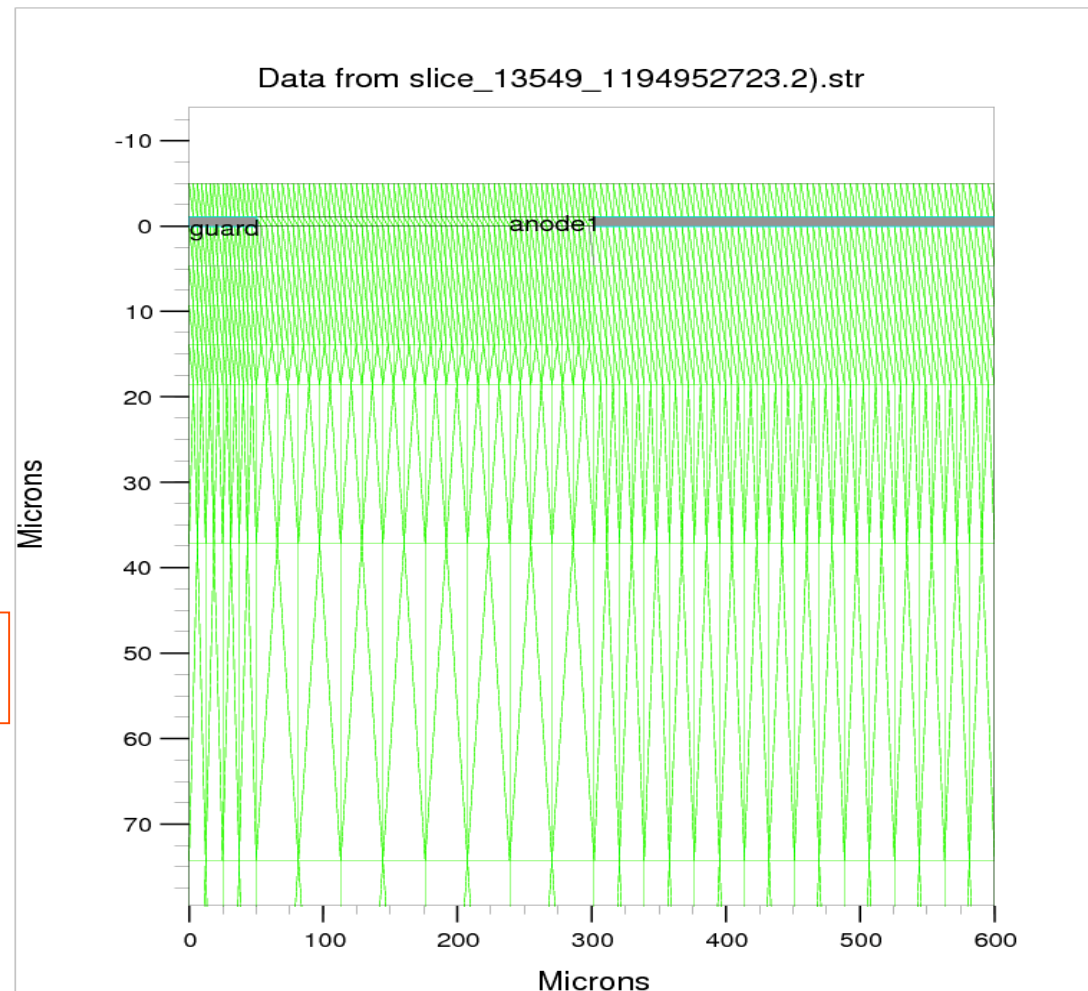
a) Définir la géométrie

b) Maillage (Module DEVEDIT)

c) Processus de fabrication

- \* Gravure
- \* Implantation
- \* Oxydation

Module Devedit → Faire le Maillage d'une structure



# Module ATLAS

Exemples d'études :

a) Dopage

b) Caractéristiques

électrique

\* Capacités

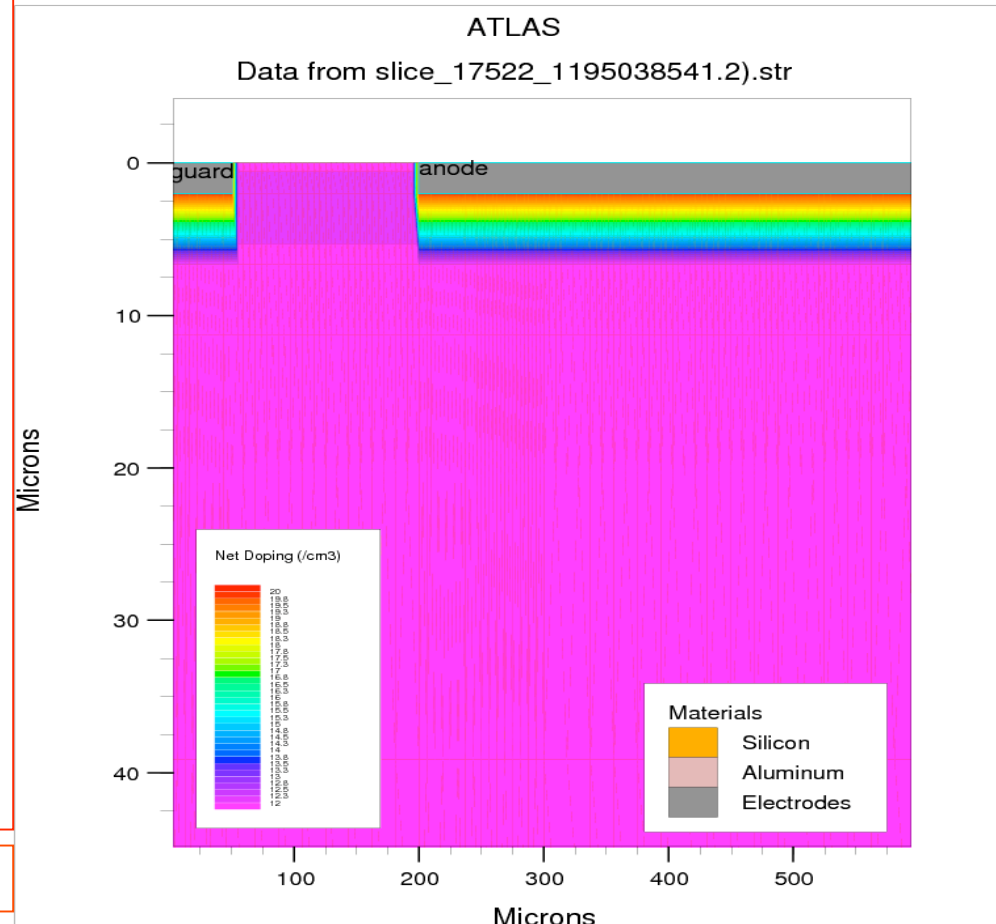
\* Déplacement des charges

\* Courant électrique

c) Analyse optique

d) Analyse thermique

Module Atlas → Doper une structure



# Module ATLAS

Exemples d'études :

a) Dopage

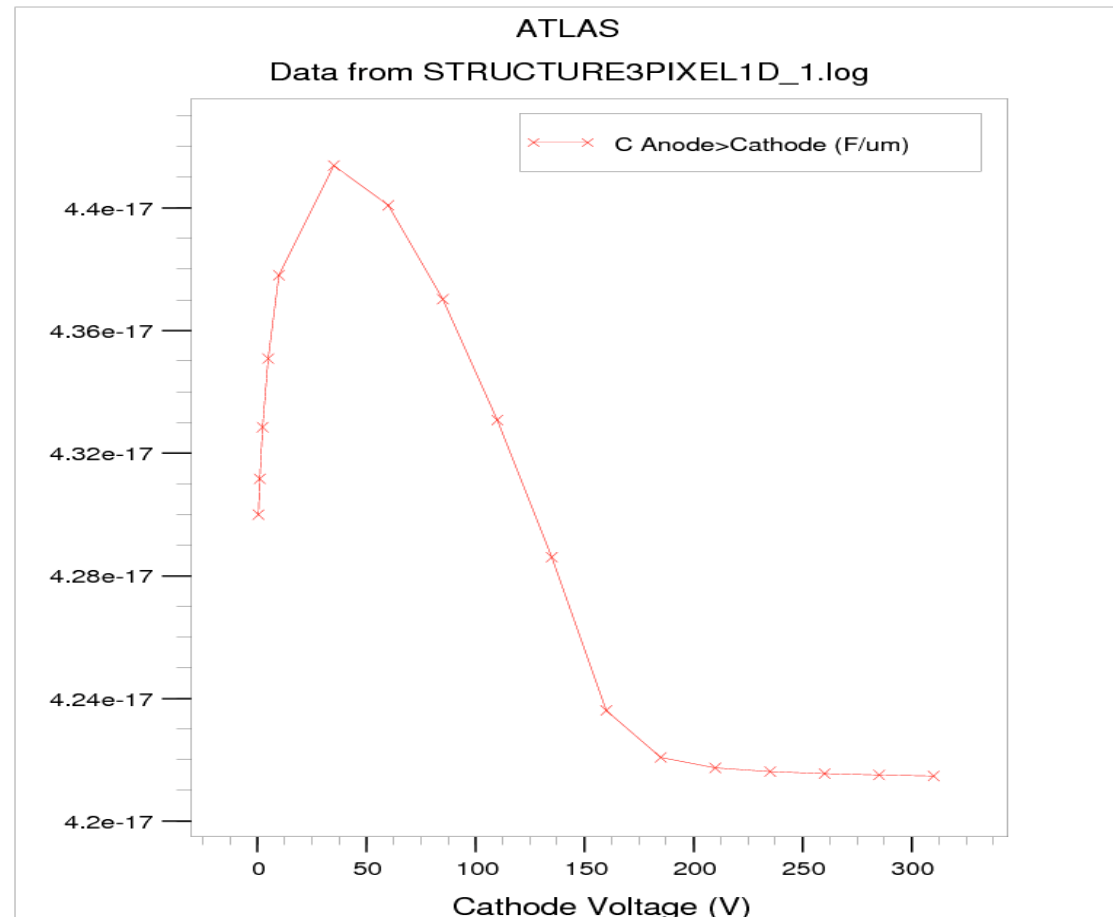
b) **Caractéristiques électriques**

- **Capacités**
- Déplacement des charges
- Courant électrique

c) Analyse optique

d) Analyse thermique

Module Atlas → Extraire les valeurs de capacités





# Module ATLAS

Exemples d'études :

a) Dopage

b) Caractéristiques

électriques :

\* Capacités

\* Déplacement des charges

\* Courant électrique

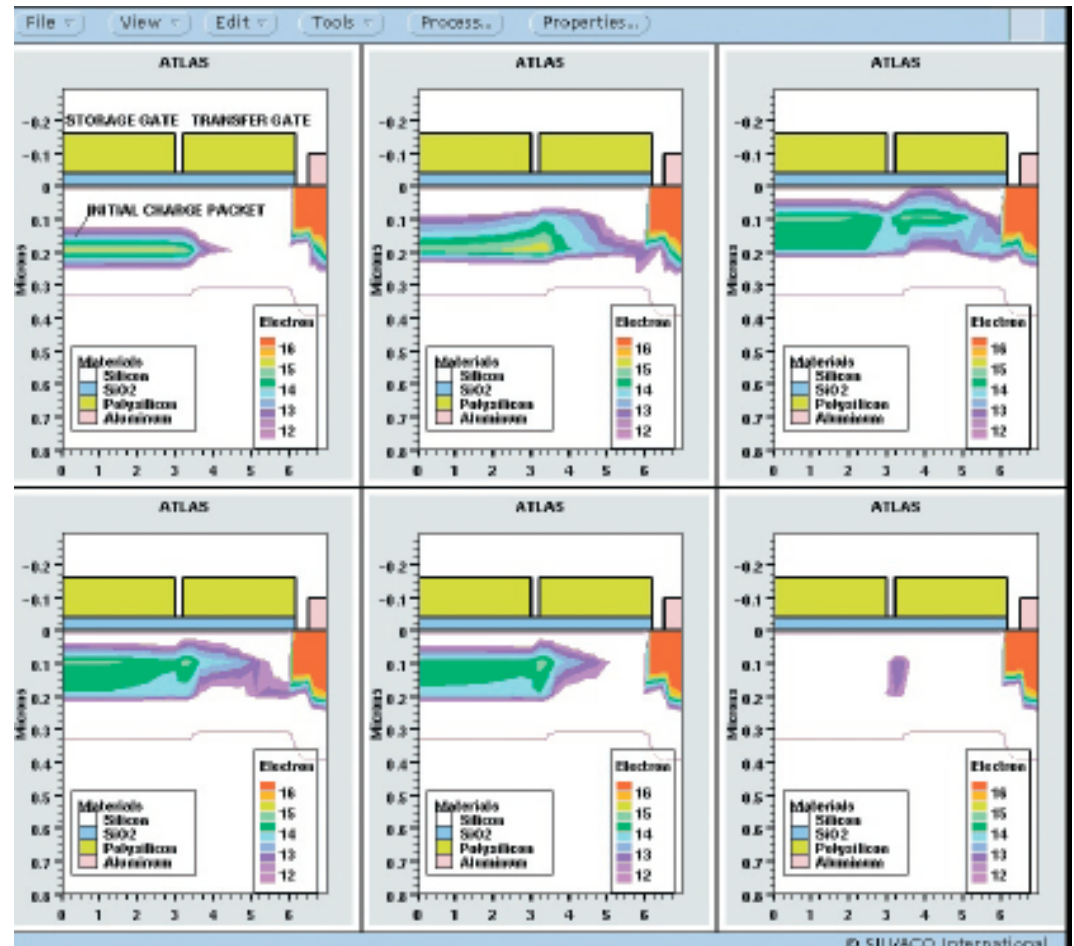
c) Analyse thermique

\* Module THERMAL

d) Analyse optique

\* Module LUMINOUS

Module Atlas → Visualiser le transfert de charges dans une structure



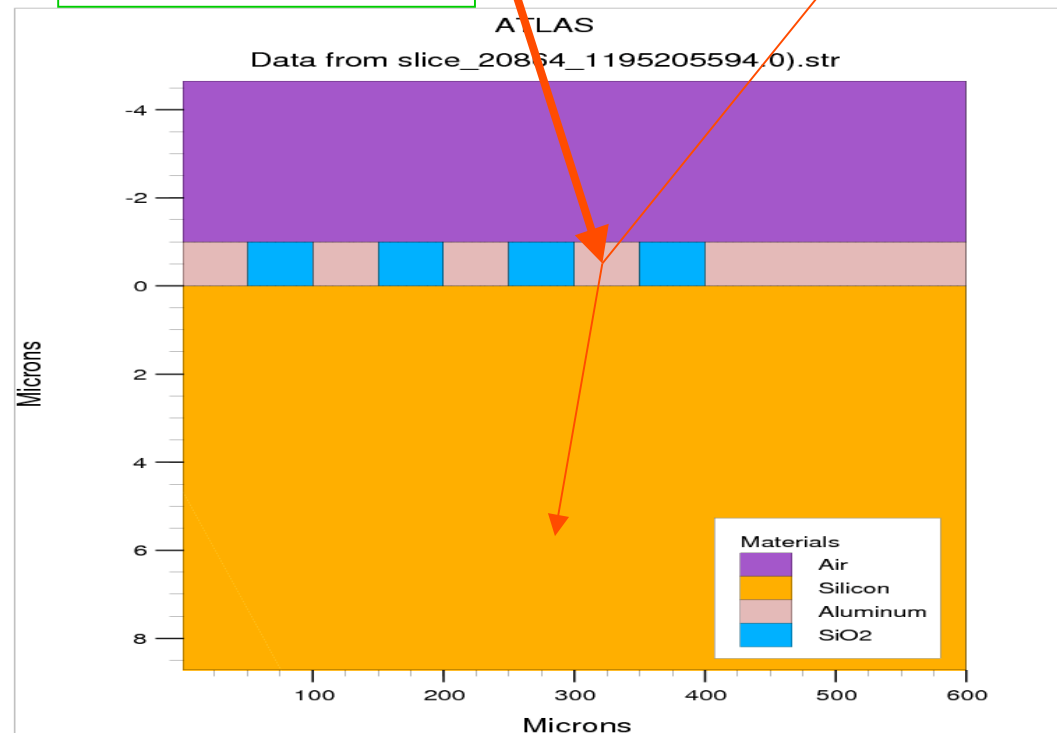
# Module LUMINOUS

Exemples d'Analyse :

- source lumineuse.
- Propagation de la lumière dans la structure.
- Photogénération.

Module Luminous → Simuler la propagation d'un rayon lumineux dans une structure

Rayon lumineux :  
\*(x,y,z); \_  
\*\_  
\_

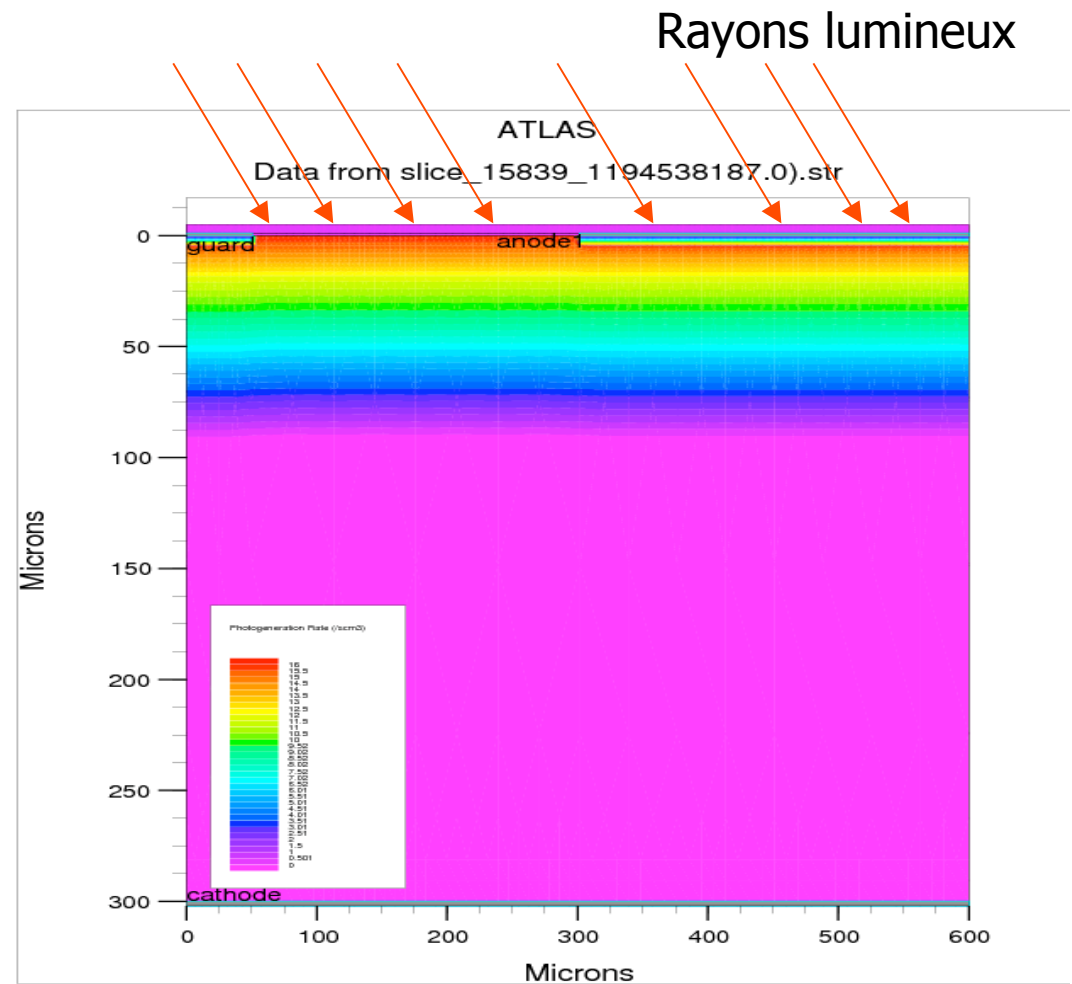


# Module LUMINOUS

Exemples d'analyse :

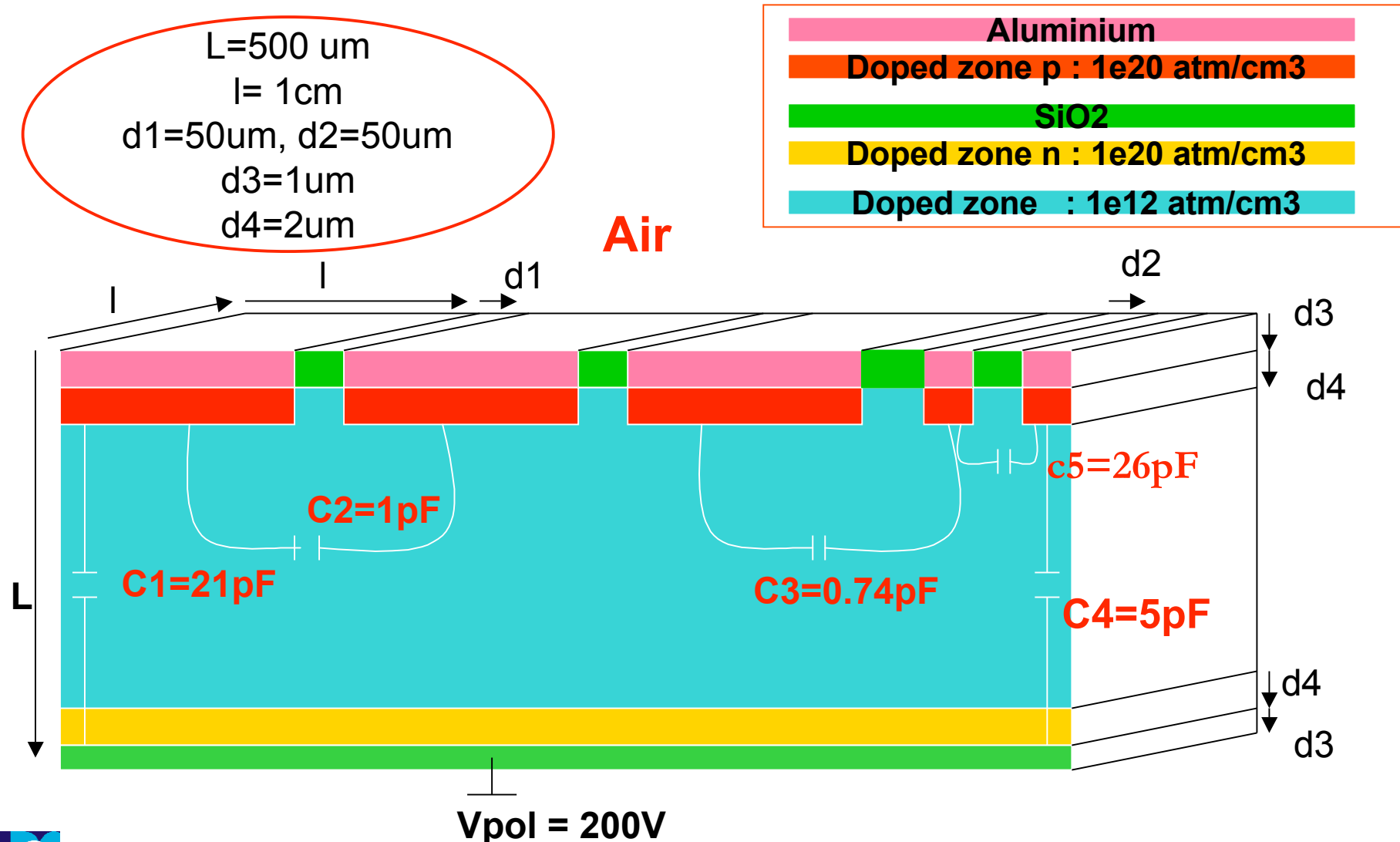
- source lumineuse.
- propagation de la lumière dans la structure.
- Photogénération.

Module Luminous → Extraire le taux de photogénération



# Qualification de SILVACO

## Structure simulée



# Qualification de SILVACO

## Résultats

	<i>Silvaco</i>	<i>Attendue [1]</i>
Capacité Pixel Cathode	21pF	18pF
Capacité Guard Cathode	5pF	4pF
Capacité Pixel Guard	0.74pF	1pF
Capacité Pixel-Pixel	1pF	1pF
Capacité Guard-Guard	26pF	24pF

[1] résultat théorique présenté par A. Karar (LLR) (Séoul 2006)

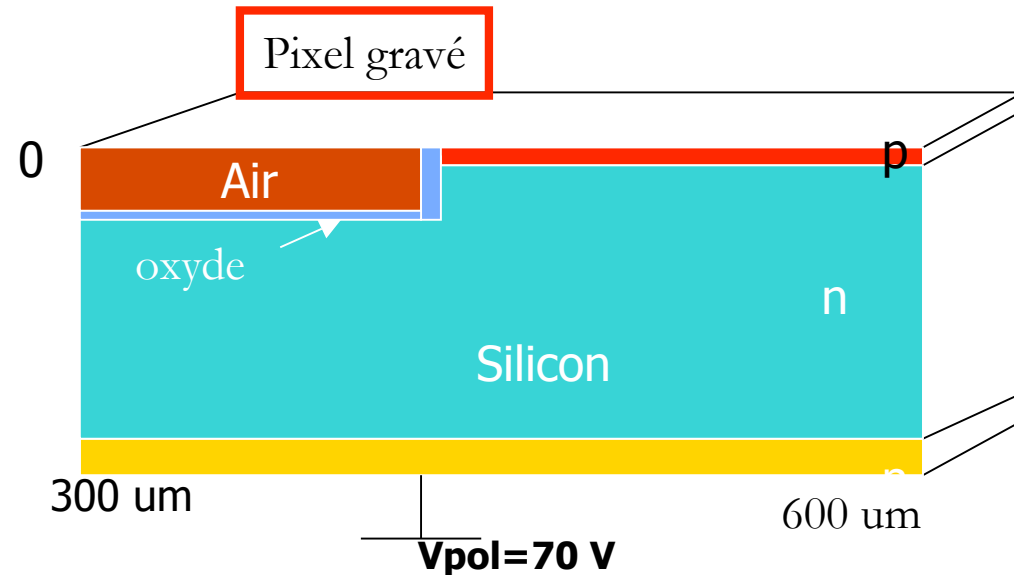
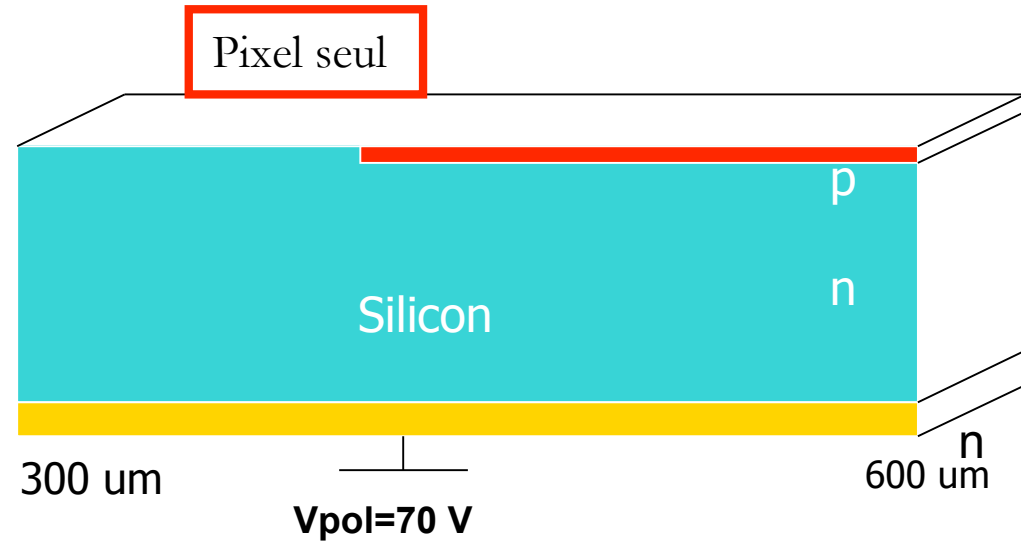
→ Ces résultats sont compatibles avec les données théoriques.

→ Ces résultats seront des données pour la simulation électronique (SPICE).



# Qualification de LUMINOUS

Définir deux structures :  
pixel seul et pixel gravé



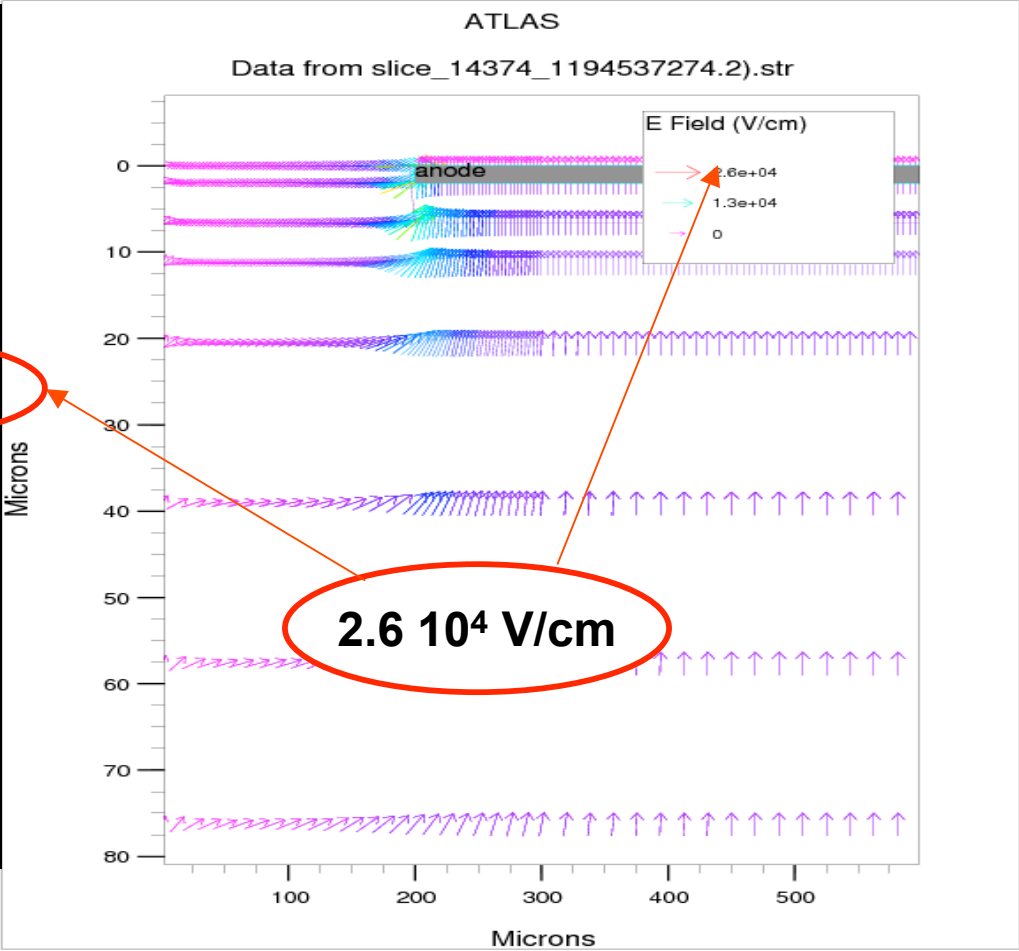
# Qualification de LUMINOUS

*Champ maximal : Pixel seul*

**Publication:**  
Nuclear Science Symposium, 1997. IEEE

**Silvaco**

Junction termination structure	peak electric field
Un-improved diode	$3.9 \cdot 10^4$ V/cm
Three floating rings (optimized)	$1.3 \cdot 10^4$ V/cm
Poly field plate extension	$2.8 \cdot 10^4$ V/cm
Linear implant gradient	$1.5 \cdot 10^4$ V/cm
Vertical etch junction termination	$2.0 \cdot 10^4$ V/cm
Angled etch junction termination	$2.5 \cdot 10^4$ V/cm



# Qualification de LUMINOUS

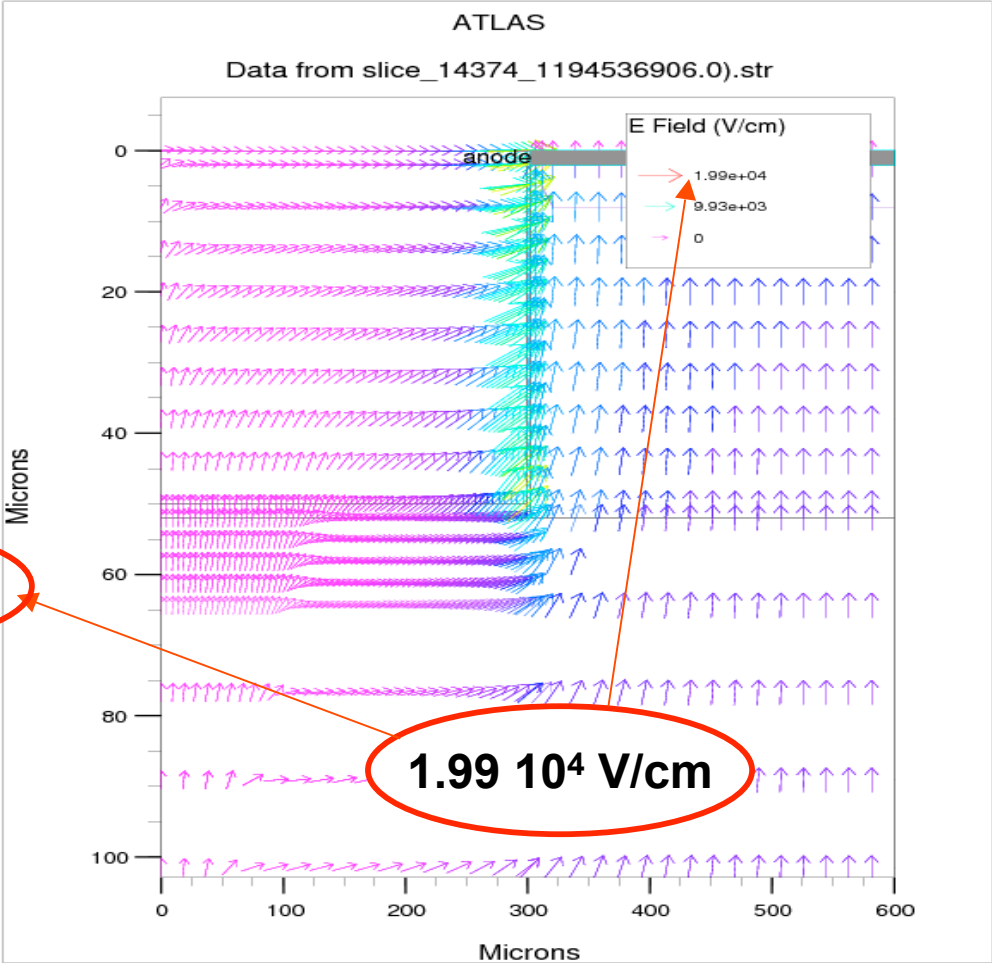


## Champ maximal : Pixel gravé

**Publication:**  
Nuclear Science Symposium, 1997. IEEE

**Silvaco**

Junction termination structure	peak electric field
Un-improved diode	$3.9 \cdot 10^4$ V/cm
Three floating rings (optimized)	$1.3 \cdot 10^4$ V/cm
Poly field plate extension	$2.8 \cdot 10^4$ V/cm
Linear implant gradient	$1.5 \cdot 10^4$ V/cm
Vertical etch junction termination	$2.0 \cdot 10^4$ V/cm
Angled etch junction termination	$2.5 \cdot 10^4$ V/cm



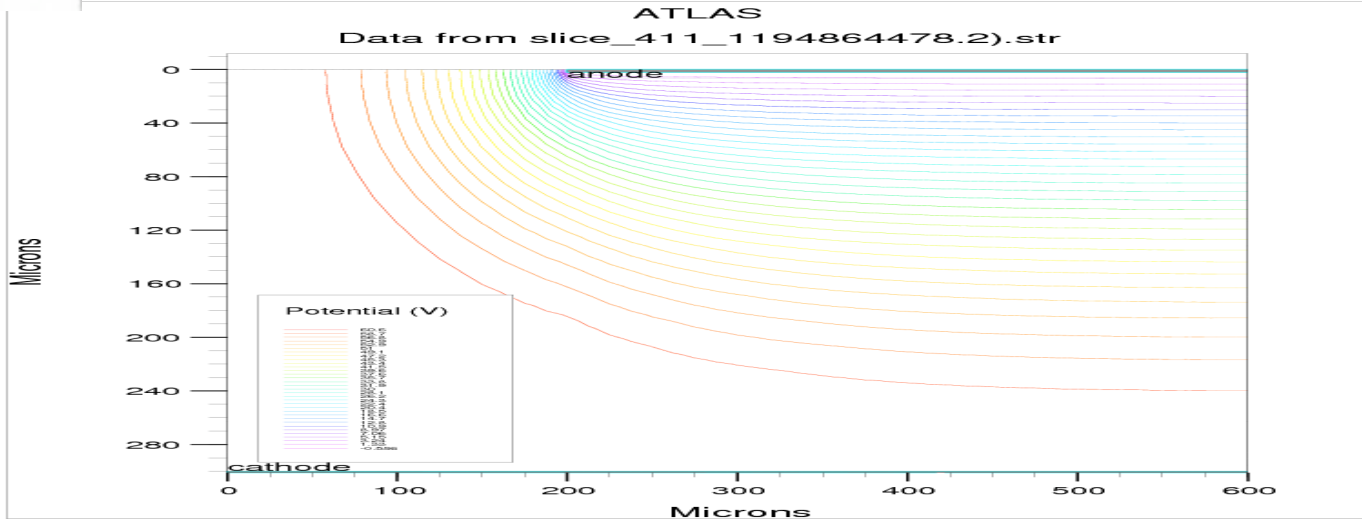
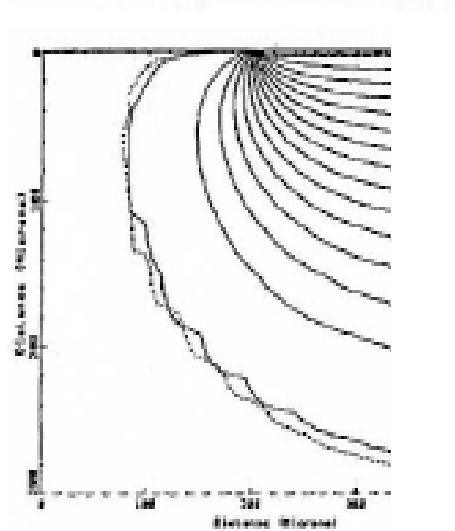
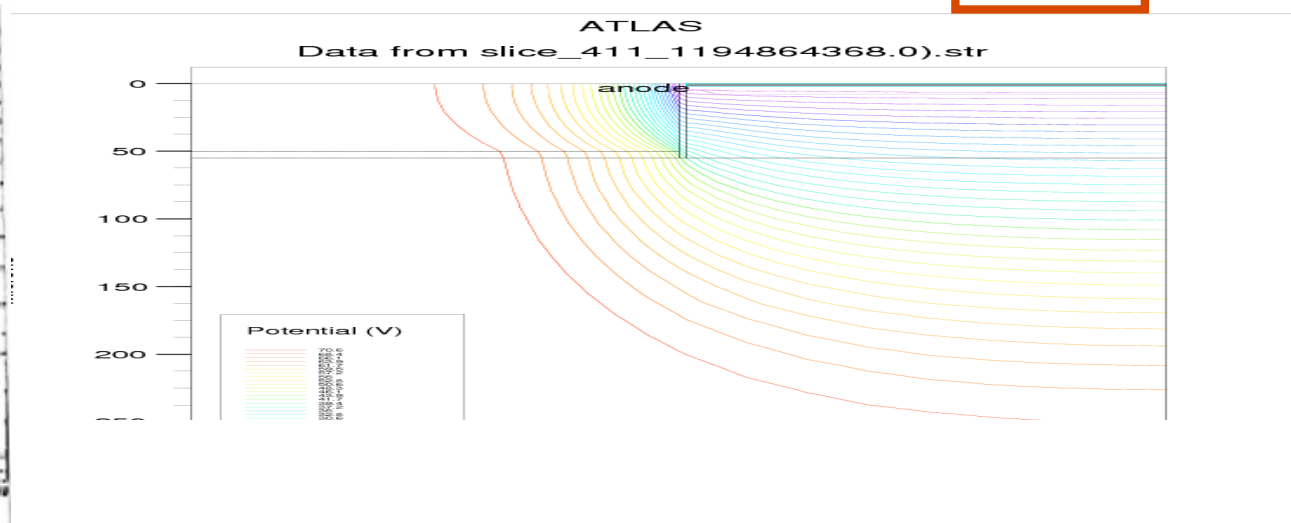
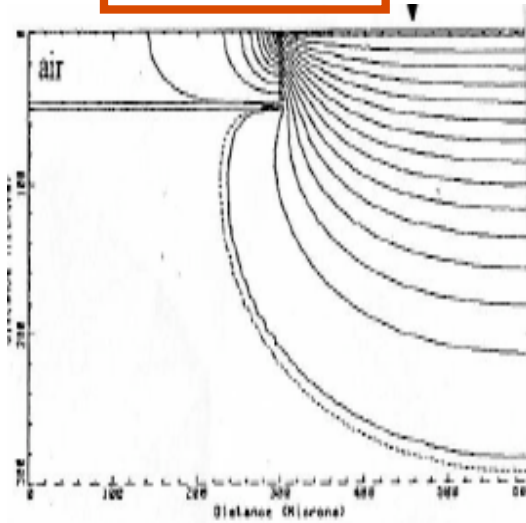


# Qualification de LUMINOUS

Publication

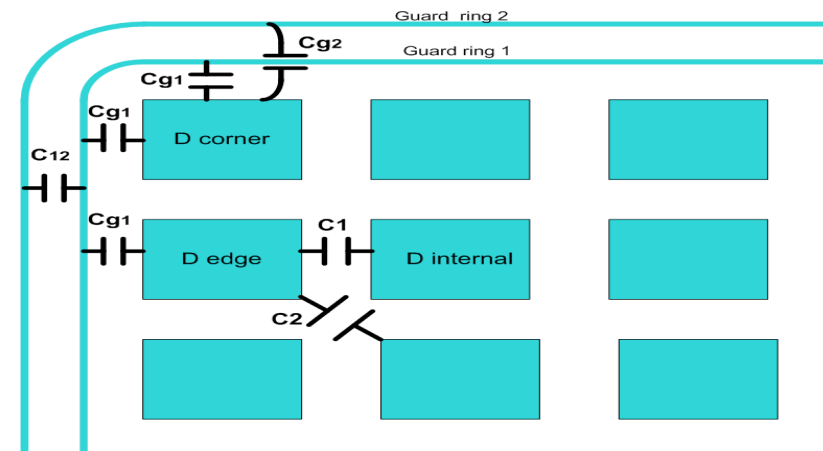
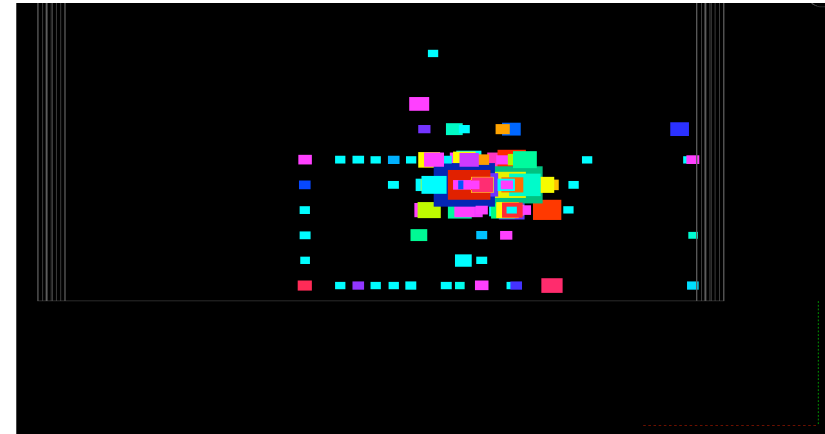
## Lignes de potentiel

Silvaco



# Perspectives

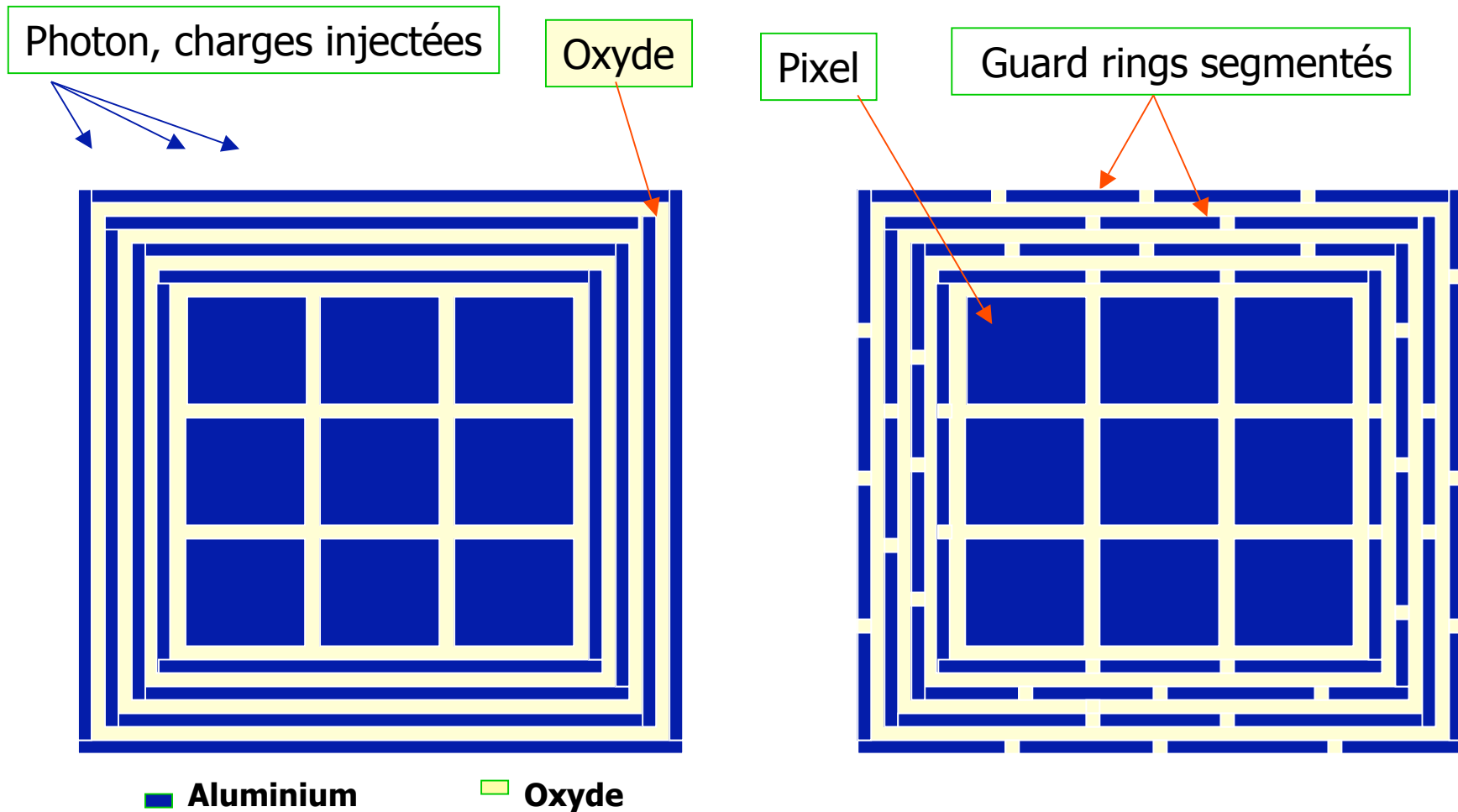
- **Problème physique:**
  - Evénements carrés
- **Hypothèse:**
  - Effet capacitif
- **Simulation avec SILVACO**



# Perspectives

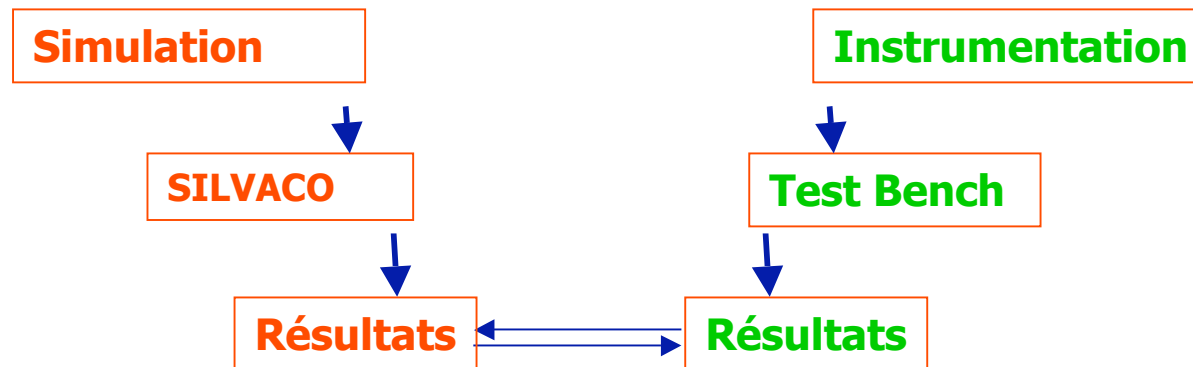
- Etude de l'effet capacitif :
  - Simulation Électronique avec SPICE
- Etude pour analyser la phénomène des événements carrés :
  - Simulation du Test Bench
    - 1) Installation d'une partie du Capteur
      - 1eme étape : Calibration du Test Bench (maquette cuivre époxy)
      - 2eme étape : mesure sur Wafer réel (matrice 3\*3)
    - 2) Injection de charges et mesure de diaphonie.

**Étude avec Silvaco :**  
**les structures utilisées en test bench:**



# Résumé

**Problème physique : Événements carrés**



- 1) SILVACO Software permet de simuler les structures de semi-conducteurs
- 2) utile à tous les détecteurs/capteurs
- 3) prise en main et qualification opérée

**Application** →

Application spécifique à l'étude et au design des guard rings de SiW-Cal

*Remerciements à Eddy Coué et à Jean-Pierre W rzesniewski pour leur accueil à l'ISIMA et au SMMIC*

