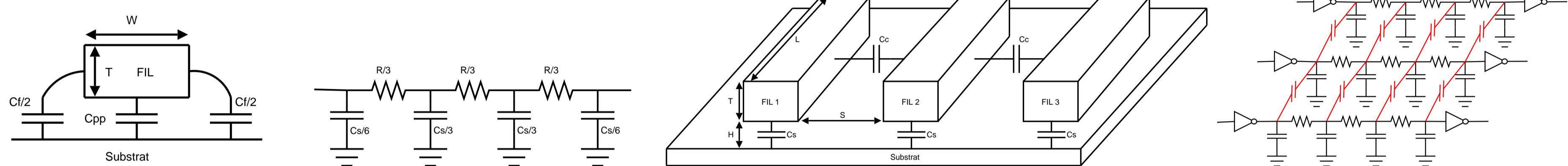


PROBLEMATIQUE

- Applications contraintes en énergie
 - Évolution des paramètres
 - Technologie
 - Fréquence
 - Densité
 - Tension d'alimentation
 - Délai
 - Surface occupée par les interconnexions $\leq 50\%$ surface totale
 - Interconnexions $\leq 30\%$ consommation totale en 130 nm
 - Interconnexions $\leq 50\%$ consommation totale en 90 nm
 - Sur un même fil:
 - Délai varie de 1 à 4 en fonction du type de transition
 - Consommation varie de 1 à 10 en fonction du type de transition
- ⇒ OBJECTIFS:
- Outil d'estimation
 - Techniques d'optimisation aux niveaux architectural et système de la consommation des interconnexions

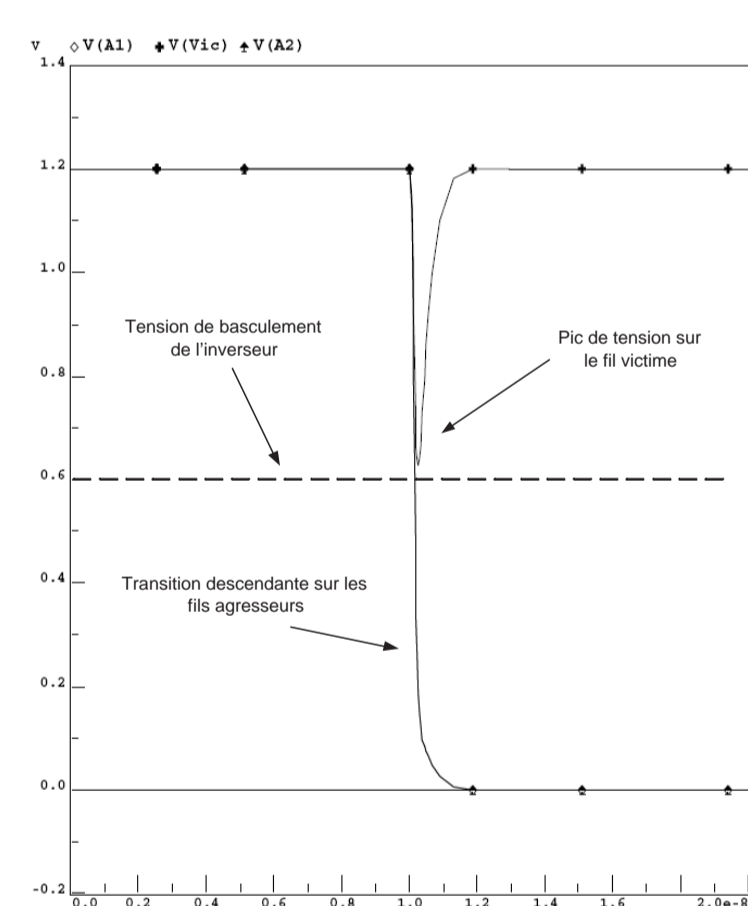
MODELISATION PHYSIQUE DU BUS



- $R \square$
 - C_{sq}
 - C_e
 - $R = R \square \cdot \frac{L}{W}$
 - $C_{pp} = C_{sq} \cdot W \cdot L$
 - $C_f = 2 \cdot C_e \cdot L$
 - $C_s = L \cdot [C_{sq} \cdot W + 2 \cdot C_e]$
 - $C_c = \epsilon_0 \cdot \frac{T \cdot L}{S}$
 - $P_{dynamique} = \sum_{i \in Nbit} \alpha_i \cdot C_{Li} \cdot V_{dd} \cdot V_{swing} \cdot F$
- Résistance par carré [Ω/\square]
 - Capacité élémentaire de la face inférieure du fil par rapport au substrat [F/m]
 - Capacité élémentaire des côtés du fil par rapport au substrat [F/m]
 - Résistance totale du fil [Ω]
 - Capacité totale de la face inférieure du fil par rapport au substrat [F]
 - Capacité totale des côtés du fil par rapport au substrat [F]
 - Capacité totale du fil [F]
 - Capacité de crosstalk [F]
 - Consommation sur le bus

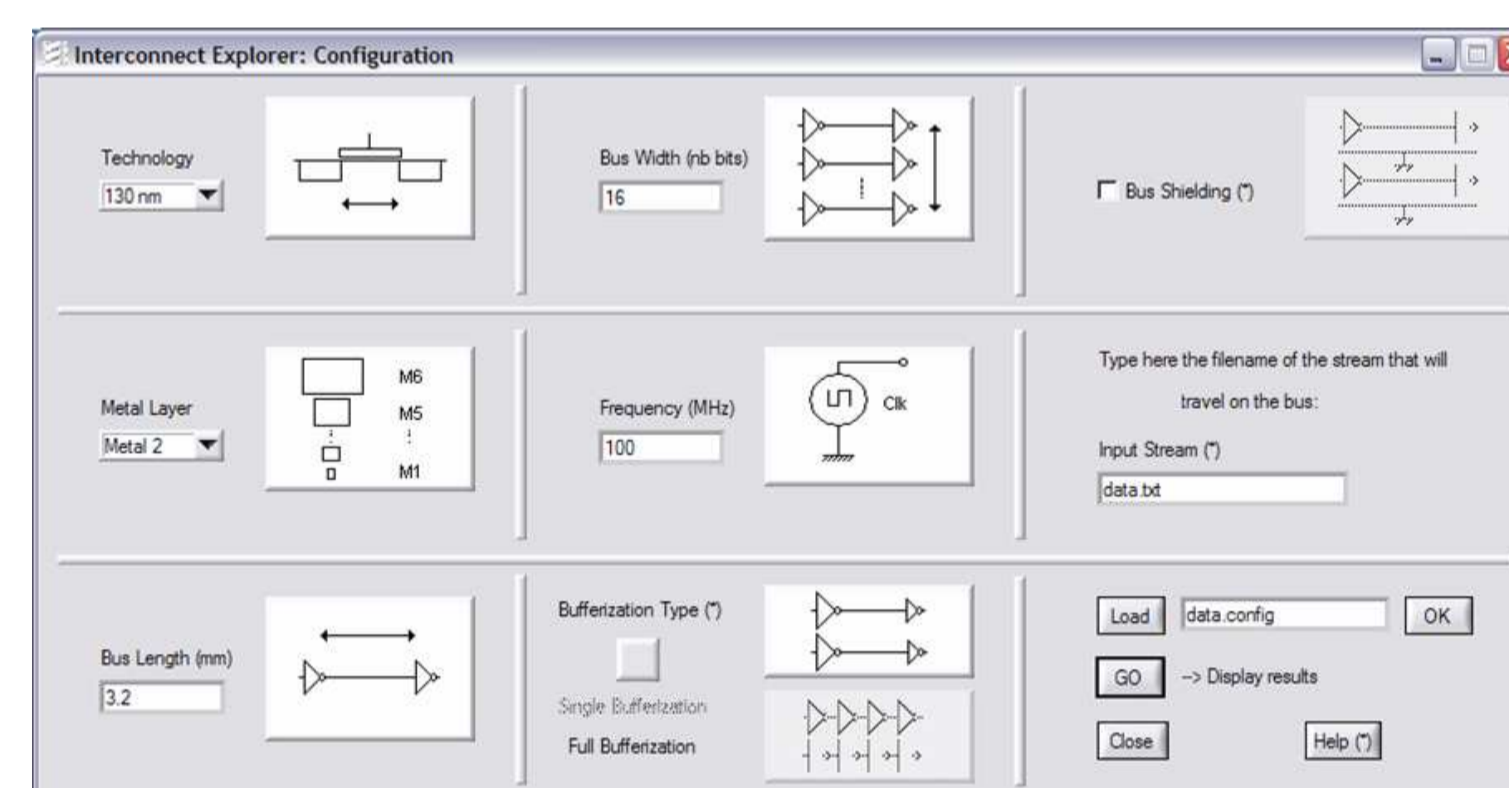
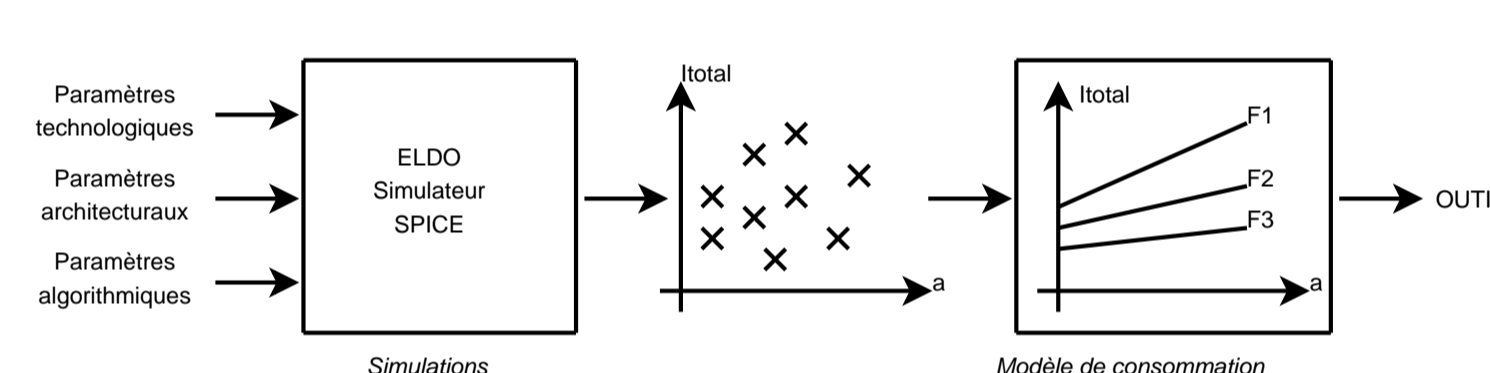
CROSSTALK

C_L	Types de transition	g
C_s	($\uparrow, \uparrow, \uparrow$) ($\downarrow, \downarrow, \downarrow$)	1
$C_s + C_c$	($-, \uparrow, \uparrow$) ($-, \downarrow, \downarrow$) ($\uparrow, \uparrow, -$) ($\downarrow, \downarrow, -$)	$1 + r$
$C_s + 2 \cdot C_c$	($-, \uparrow, -$) ($-, \downarrow, -$) ($\downarrow, \downarrow, \uparrow$) ($\uparrow, \uparrow, \downarrow$) ($\uparrow, \downarrow, \downarrow$) ($\downarrow, \uparrow, \uparrow$)	$1 + 2 \cdot r$
$C_s + 3 \cdot C_c$	($-, \uparrow, \downarrow$) ($-, \downarrow, \uparrow$) ($\uparrow, \downarrow, -$) ($\downarrow, \uparrow, -$)	$1 + 3 \cdot r$
$C_s + 4 \cdot C_c$	($\uparrow, \downarrow, \uparrow$) ($\downarrow, \uparrow, \downarrow$)	$1 + 4 \cdot r$

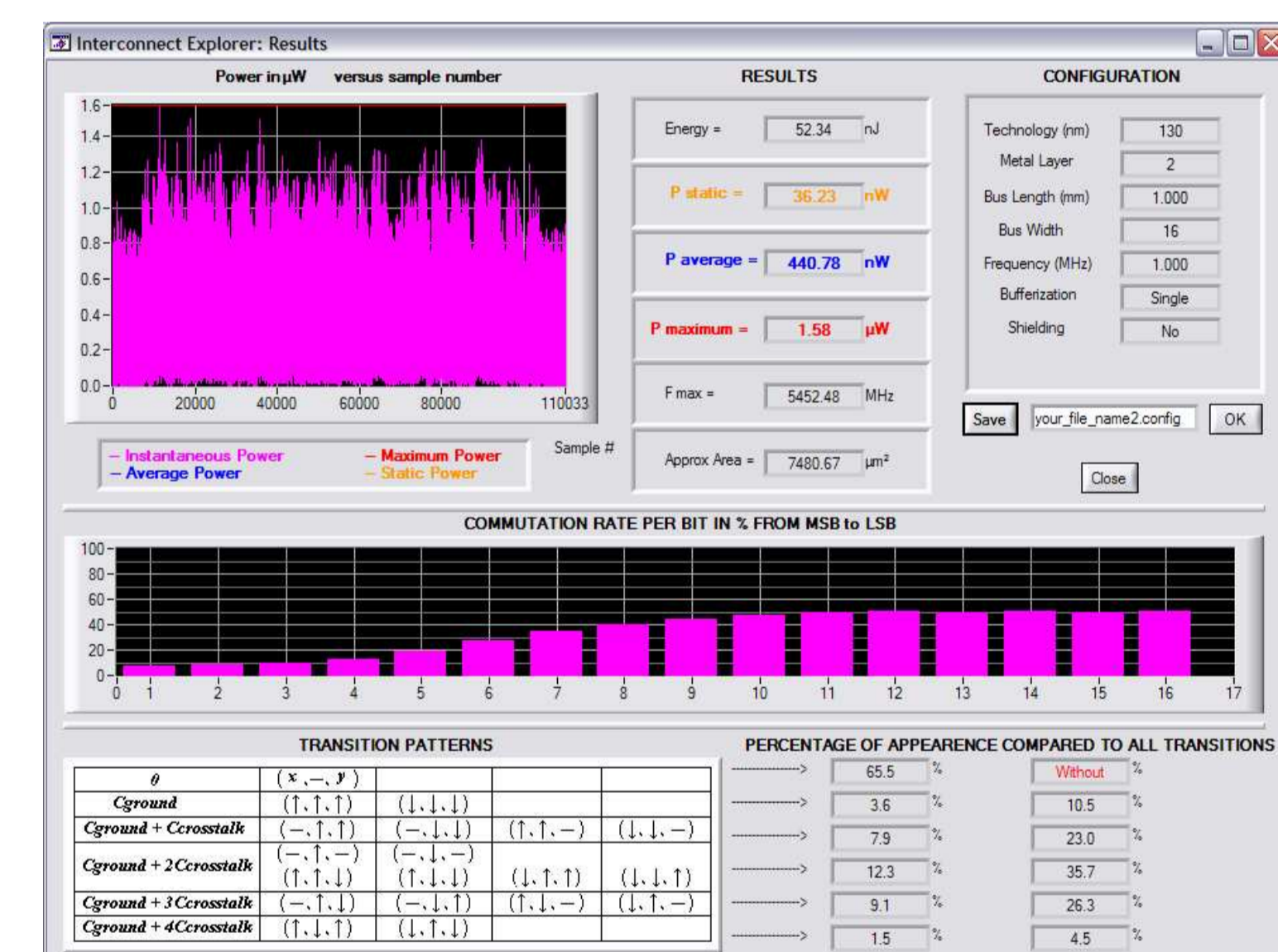


- C_L capacité totale vue par le fil central
- g facteur de délai et $r = \frac{C_c}{C_s}$
- $\nearrow P_{dynamique}$
- \nearrow Délai (cycle d'horloge).
- Source d'erreurs (bruit)

ESTIMATION DE LA CONSOMMATION



Paramètres	Type	Variation
Niveau de métal	Technologique	1 à n
Bufferisation	Technologique	Simple/Full
Longueur du bus	Architectural	≥ 0
Type de transition	Algorithmique	Combinaisons



TECHNIQUES D'OPTIMISATION DES PERFORMANCES

- Niveau technologique:
 - Blindages spatiaux (GND, V_{dd} , alterné) [Khatri01], [Taylor01]
 - Dimensions [Macchiarulo02]
 - Duplication
 - Niveau circuit/logique
 - Signal skewing [Hirose00]
 - V_{dd} scaling [Shang03]
 - Niveau architectural (Bus d'ardesses):
 - Code de Gray [Su94 Su95]
 - Code T0 [Benini97], [Fornaciari00]
 - Niveau architectural (Bus de données):
 - Bus Invert, Partial Bus Invert [Stan95], [Shin98]
 - CodeBook [Komatsu99]
 - Blindage temporel (Code 0), Code 1, Code 2 [Philippe06]
- ⇒ CONCLUSION:
- Efficacité? faisabilité? surcoût?
 - Peut de techniques réellement applicables

RESULTATS ET PISTES A SUIVRE

Temporel	Consommation	Temporel	Consommation
($-, -, -$)	0	($-, -, -$)	0
($\uparrow, \uparrow, \uparrow$)	1	($\uparrow, \uparrow, \uparrow$)	1
($\downarrow, \downarrow, \downarrow$)	1	($-, \uparrow, \uparrow$)	$1+r$
($-, \uparrow, \uparrow$)	$1+r$	($-, \uparrow, -$)	$1+2r$
($-, \downarrow, \downarrow$)	$1+r$	($\uparrow, \uparrow, \downarrow$)	$1+2r$
($\uparrow, \uparrow, \downarrow$)	$1+2r$	($-, \uparrow, \downarrow$)	$1+3r$
($-, \uparrow, -$)	$1+2r$	($\downarrow, \uparrow, \downarrow$)	$1+4r$
($-, \downarrow, -$)	$1+2r$	($\downarrow, \downarrow, \downarrow$)	1
($\uparrow, \downarrow, \downarrow$)	$1+2r$	($-, \downarrow, \downarrow$)	$1+r$
($-, \downarrow, \downarrow$)	$1+3r$	($-, \downarrow, -$)	$1+2r$
($-, \downarrow, \uparrow$)	$1+3r$	($\uparrow, \downarrow, \downarrow$)	$1+2r$
($\downarrow, \uparrow, \downarrow$)	$1+4r$	($-, \downarrow, \uparrow$)	$1+3r$
($\uparrow, \downarrow, \uparrow$)	$1+4r$	($\uparrow, \downarrow, \uparrow$)	$1+4r$

⇒ CONCLUSION:

- Ne pas se focaliser sur les transitions $1+3r$ et $1+4r$
- Travailler sur les bits ayant la plus forte activité
- Eviter au mieux les transitions descendantes
- Avoir un surcoût matériel le plus faible possible

