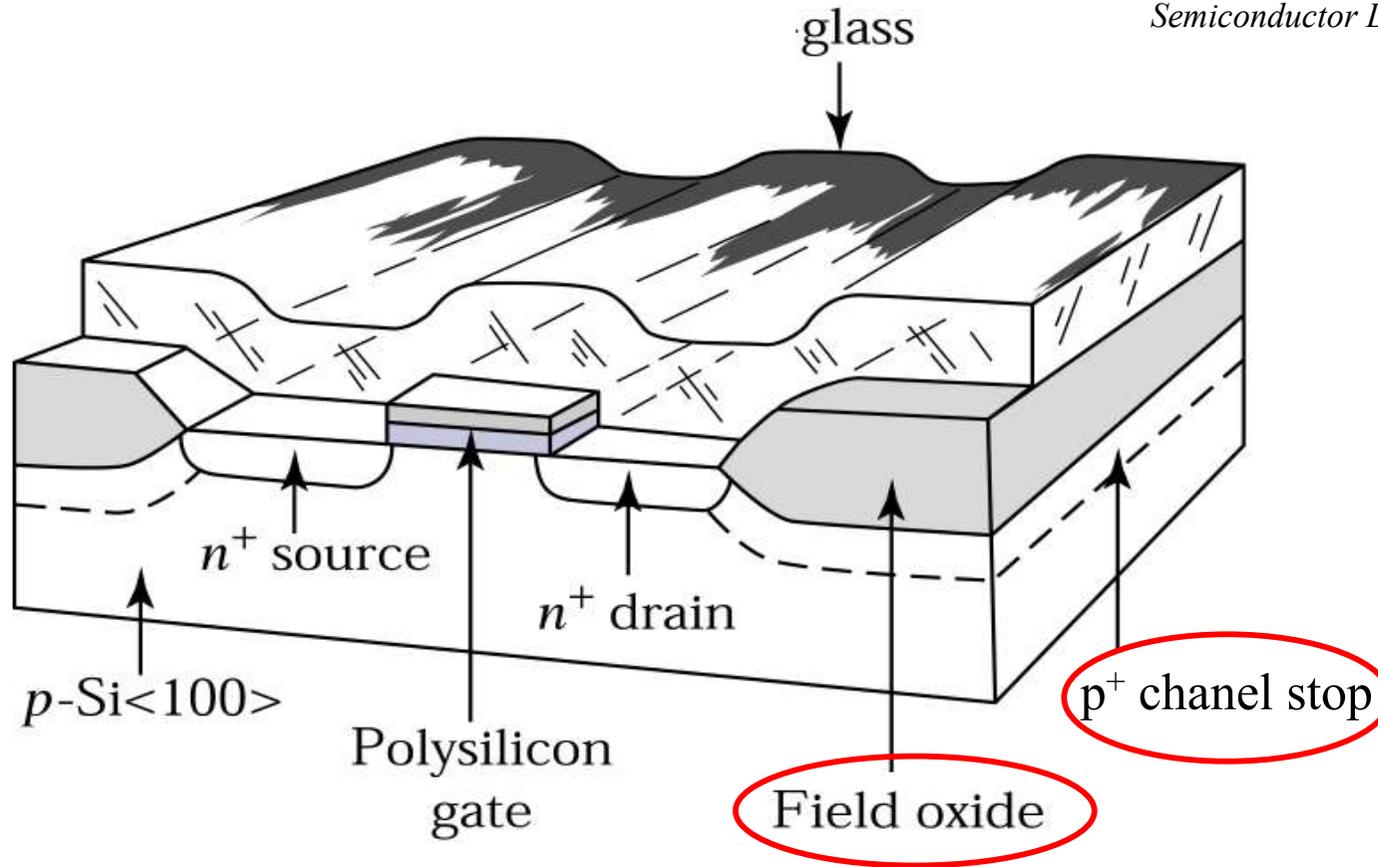




- a) Dessinez le schéma de bande d'une jonction MOS sur substrat p le long d'une droite verticale au milieu du gate à la tension $V_G = V_{M0}$.
- b) Considérons une augmentation de l'épaisseur de l'oxyde, tout en maintenant la structure au threshold:
- Comment varient le potentiel de surface, les charges d'espace dans la zone de déplétion, ainsi que le champ électrique dans l'oxyde.
 - Comment varie la tension de threshold appliquée sur le gate ?
- c) Repartons de la situation a) et considérons maintenant une augmentation du dopage p du substrat, tout en maintenant la structure au threshold. Négligez la variation de ψ_B .
- Comment varient le potentiel de surface, les charges d'espace dans la zone de déplétion, le champ à l'interface semi-conducteur/oxyde ainsi que le champ électrique dans l'oxyde.
 - Comment varie la tension de threshold appliquée sur le gate ?
- Idée: Commencez votre analyse pour b) et c) à partir de la profondeur du substrat.
- d) Comparez vos résultats avec le cours chapitre 11!

Channel stop

Semiconductor Devices, 2/E by S. M. Sze

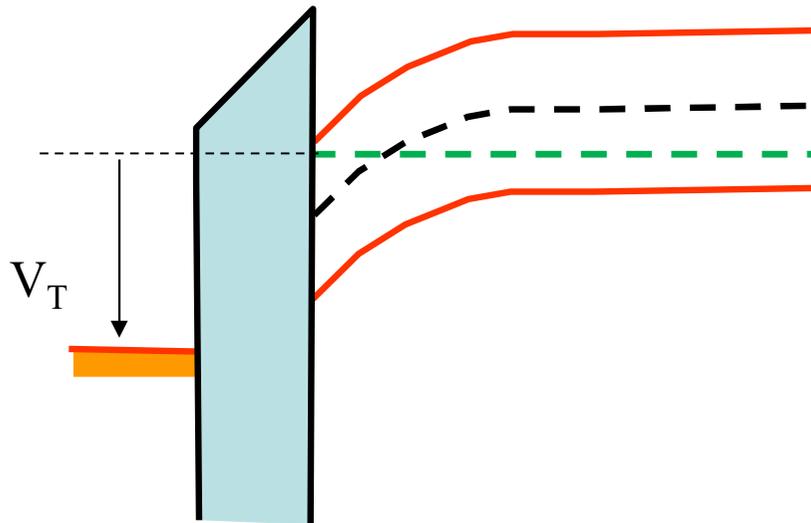


$$\bar{C}_{B,th} = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{2\epsilon_0\epsilon_s q N_A}}{\sqrt{2\psi_B}}$$

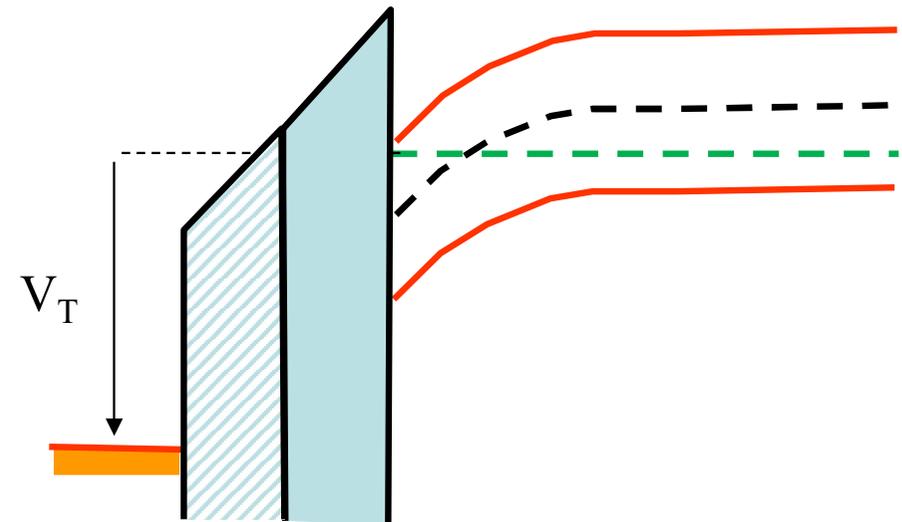
$$\bar{C}_{ox} = \frac{\epsilon_0\epsilon_{ox}}{d_{ox}}$$

$$V_{M0} = V_{fb} + 2\psi_B (2n - 1) = V_{fb} + 2\psi_B \left(1 + 2 \frac{C_{B,th}}{C_{ox}} \right)$$

a) Situation de départ



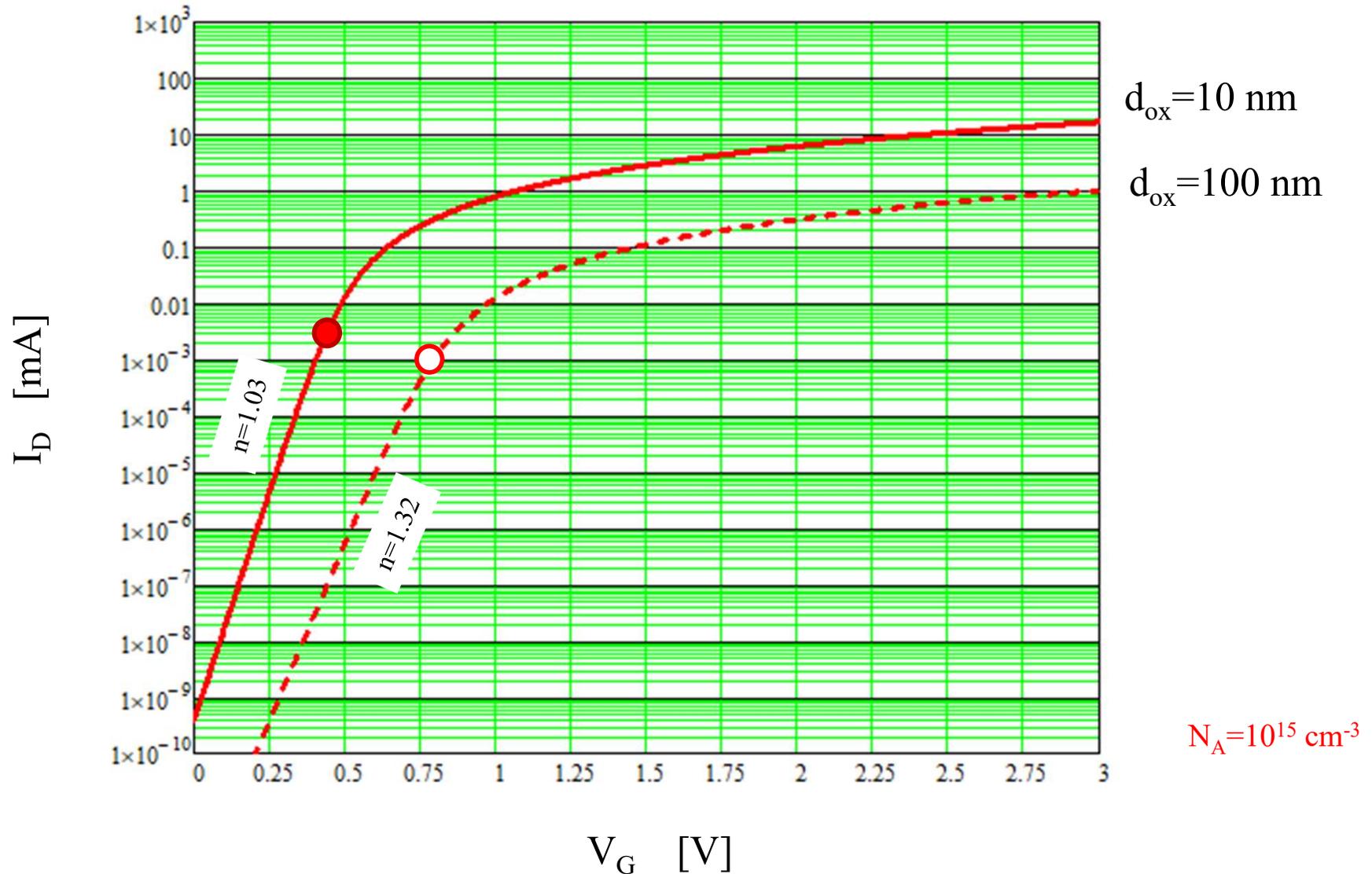
b) Augmentation épaisseur oxyde



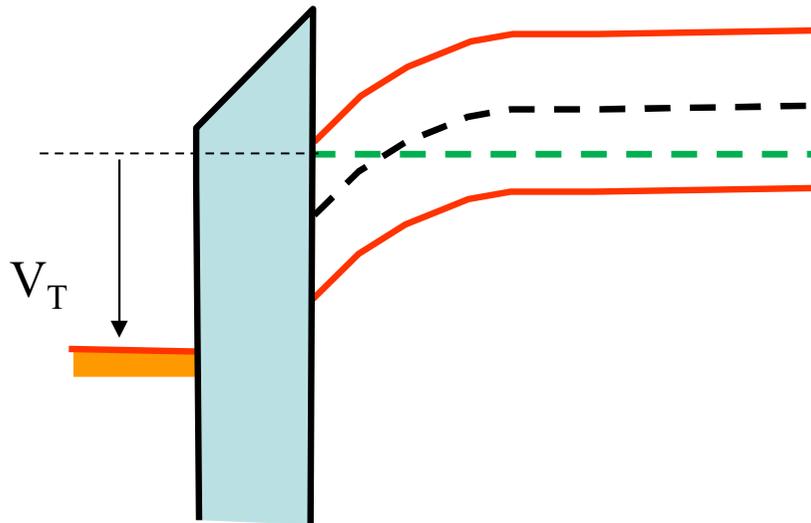
Si on augmente l'épaisseur d'oxyde en restant au threshold:

- La partie dans le silicium ne varie pas ! \rightarrow Le potentiel de surface ψ_B , les charges dans la zone de déplétion et le champ électrique dans l'oxyde sont constants.
- Le champ électrique dans l'oxyde s'applique sur une plus grande épaisseur.
 \rightarrow Le saut de potentiel augmente sur l'oxyde, donc la tension V_T augmente !!

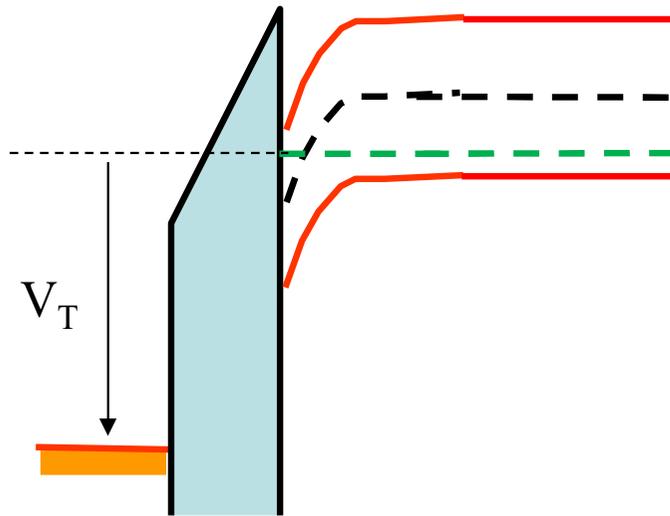
Variation de l'épaisseur d'oxyde



a) Situation de départ



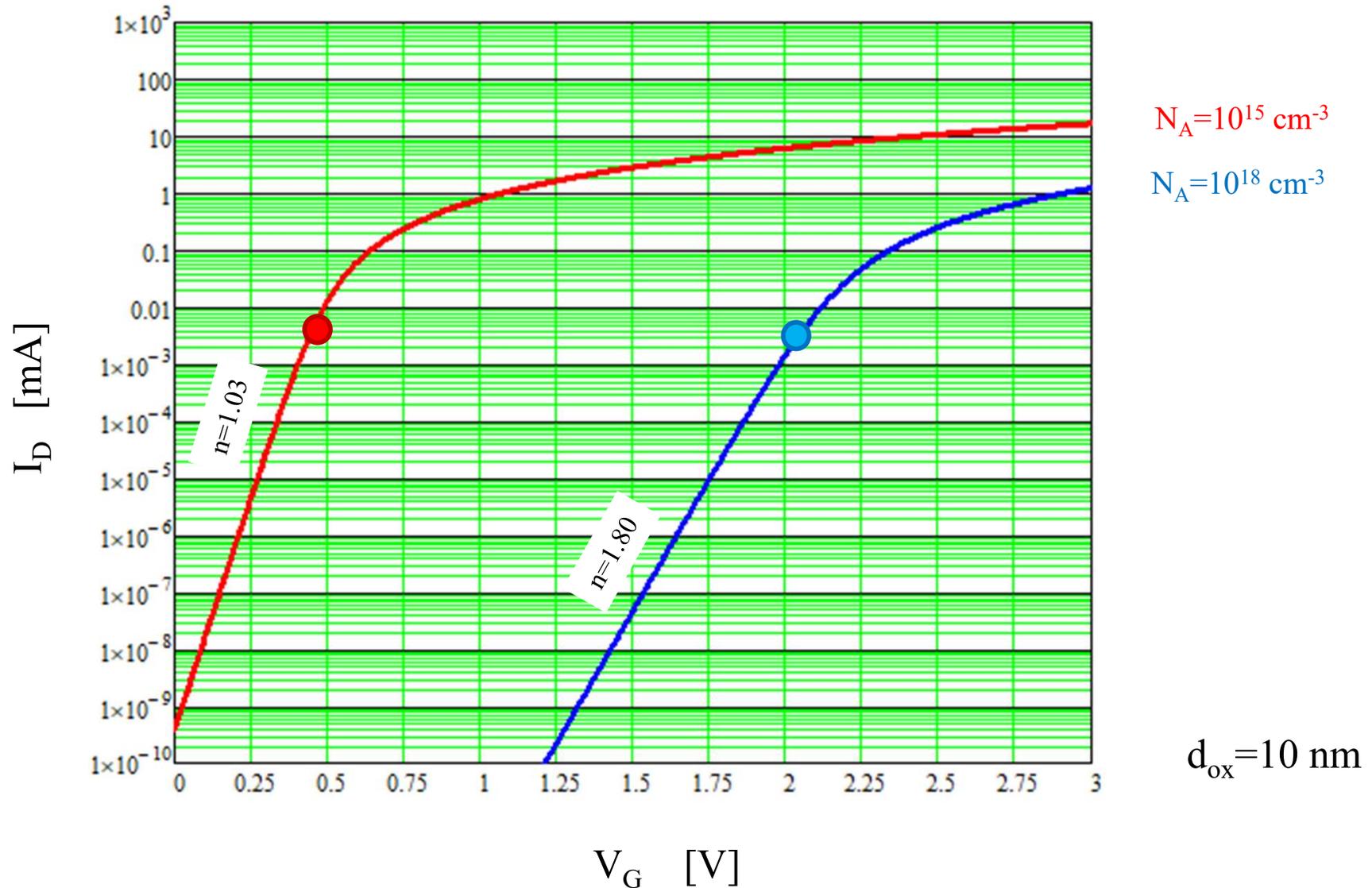
c) Augmentation dopage substrat



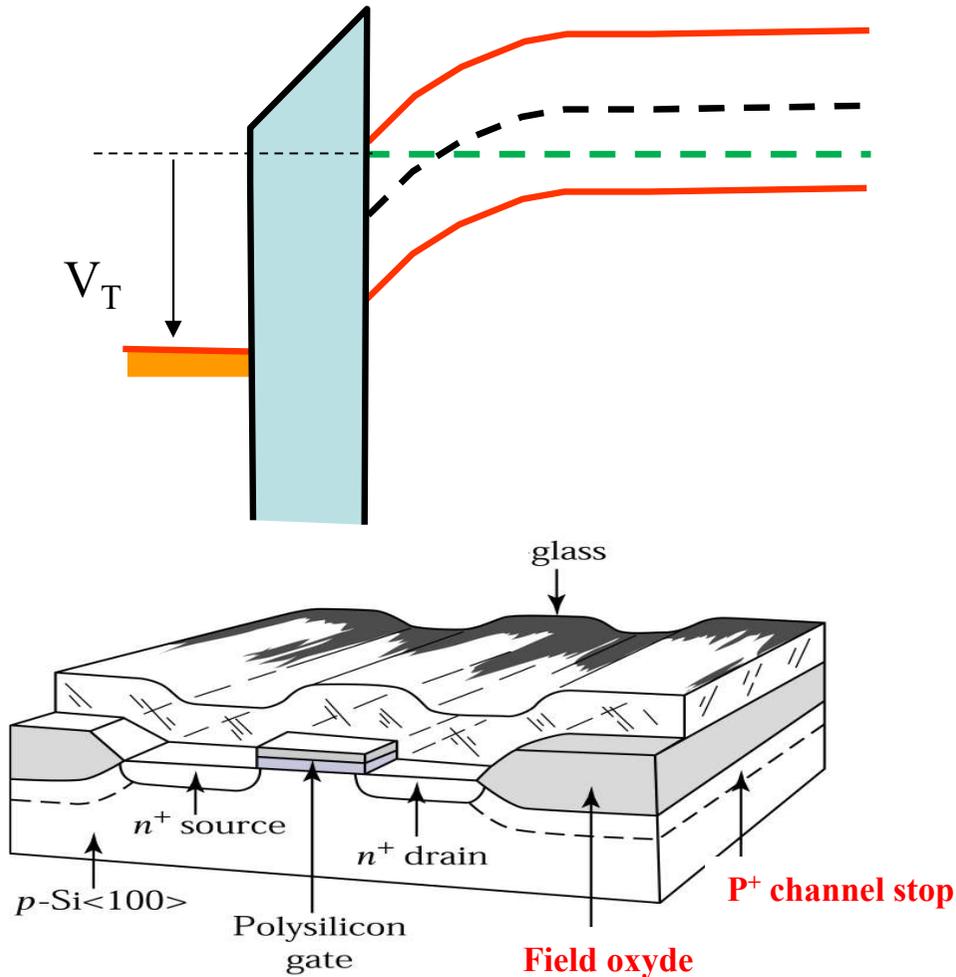
Si on augmente le dopage du substrat en restant au threshold:

- La zone de déplétion est plus courte mais contient plus de charges.
 - Le potentiel de surface ne varie pas, la charge dans la zone de déplétion augmente, le champ électrique augmente à l'interface et dans l'oxyde.
- Le champ électrique dans l'oxyde augmente et induit une augmentation du saut de potentiel sur l'oxyde, → V_T augmente. !!

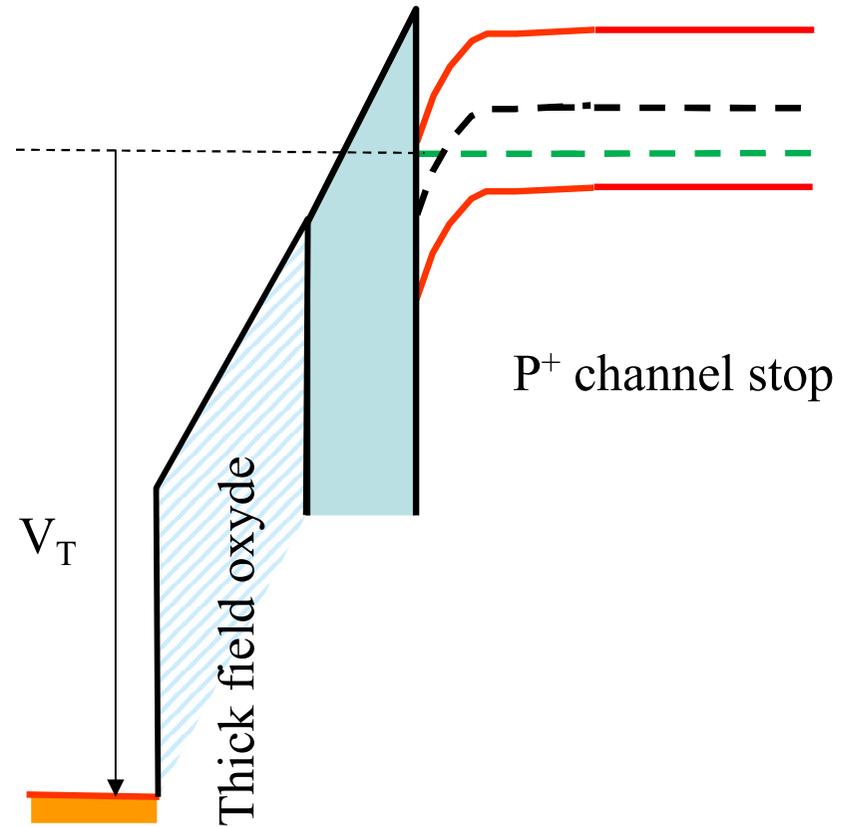
Variation du dopage du substrat



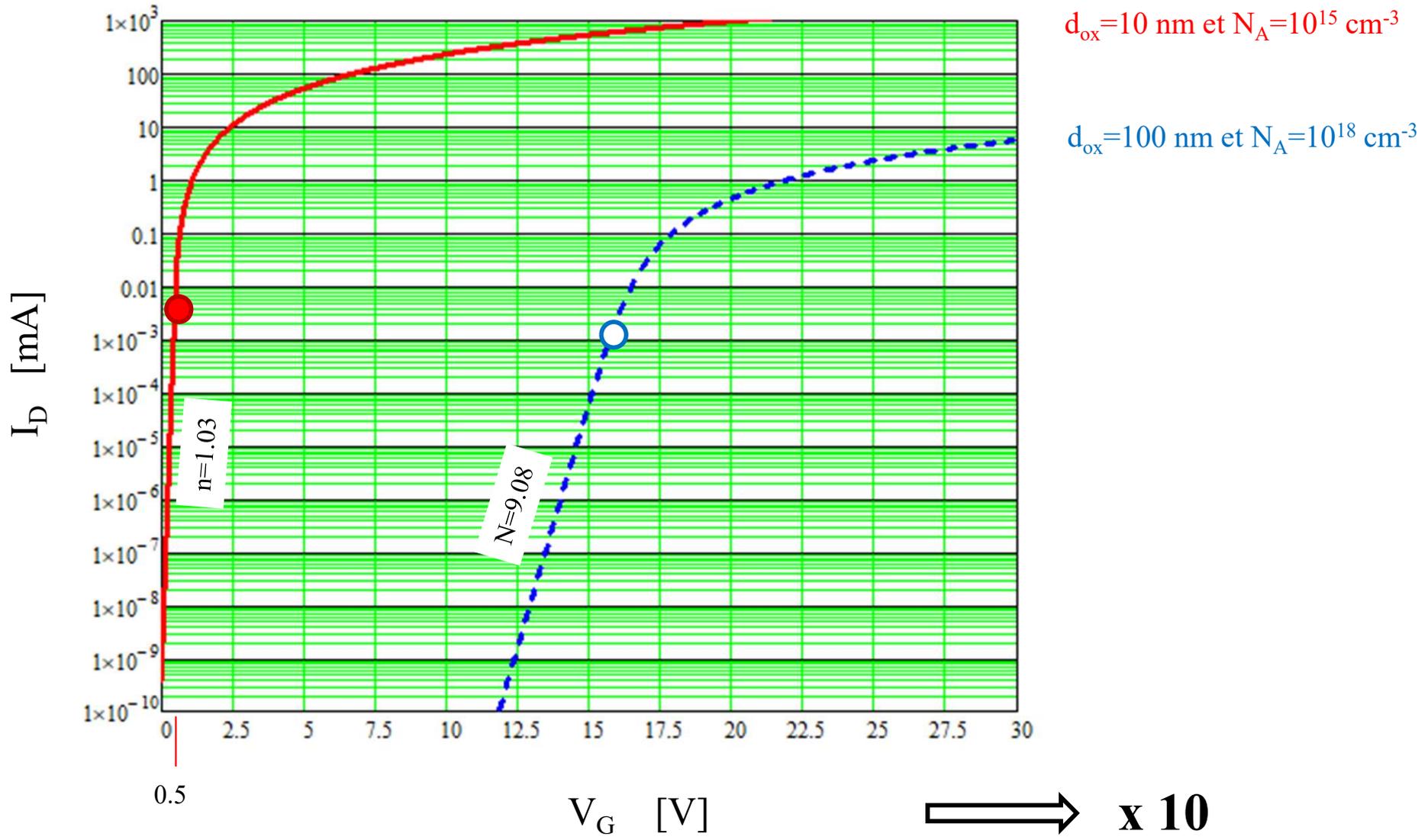
a) Situation de départ



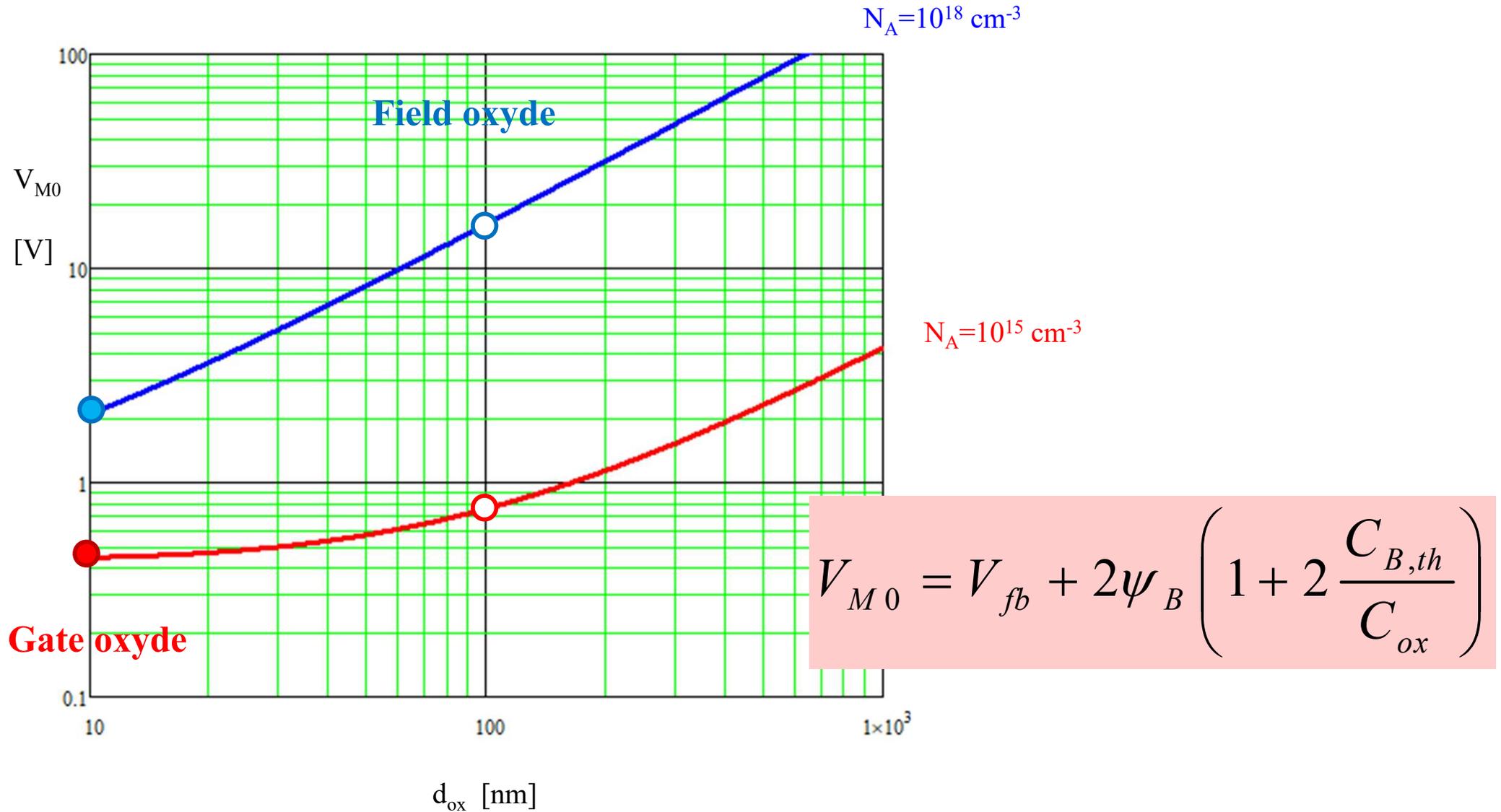
b+c) Augmentation dopage substrat et de l'épaisseur d'oxyde



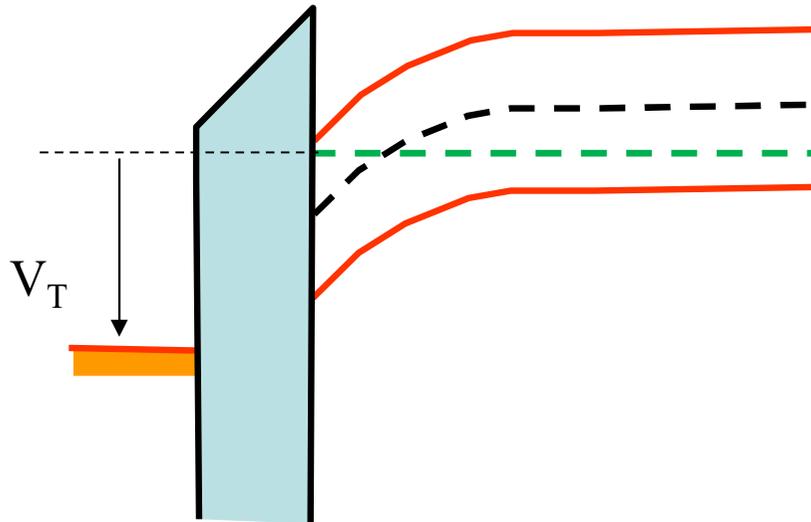
Variation de l'épaisseur d'oxyde ET du dopage du substrat



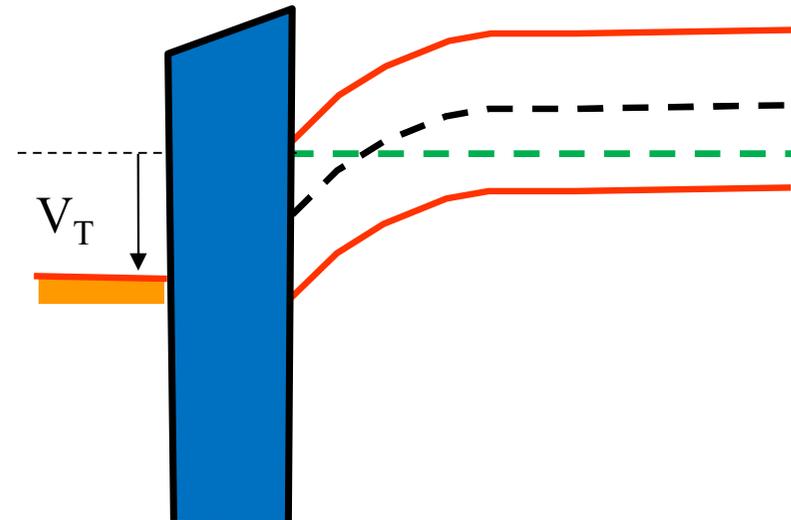
Exemple: variation du threshold NMOS



a) Situation de départ



d) Oxyde haute constante diélectrique



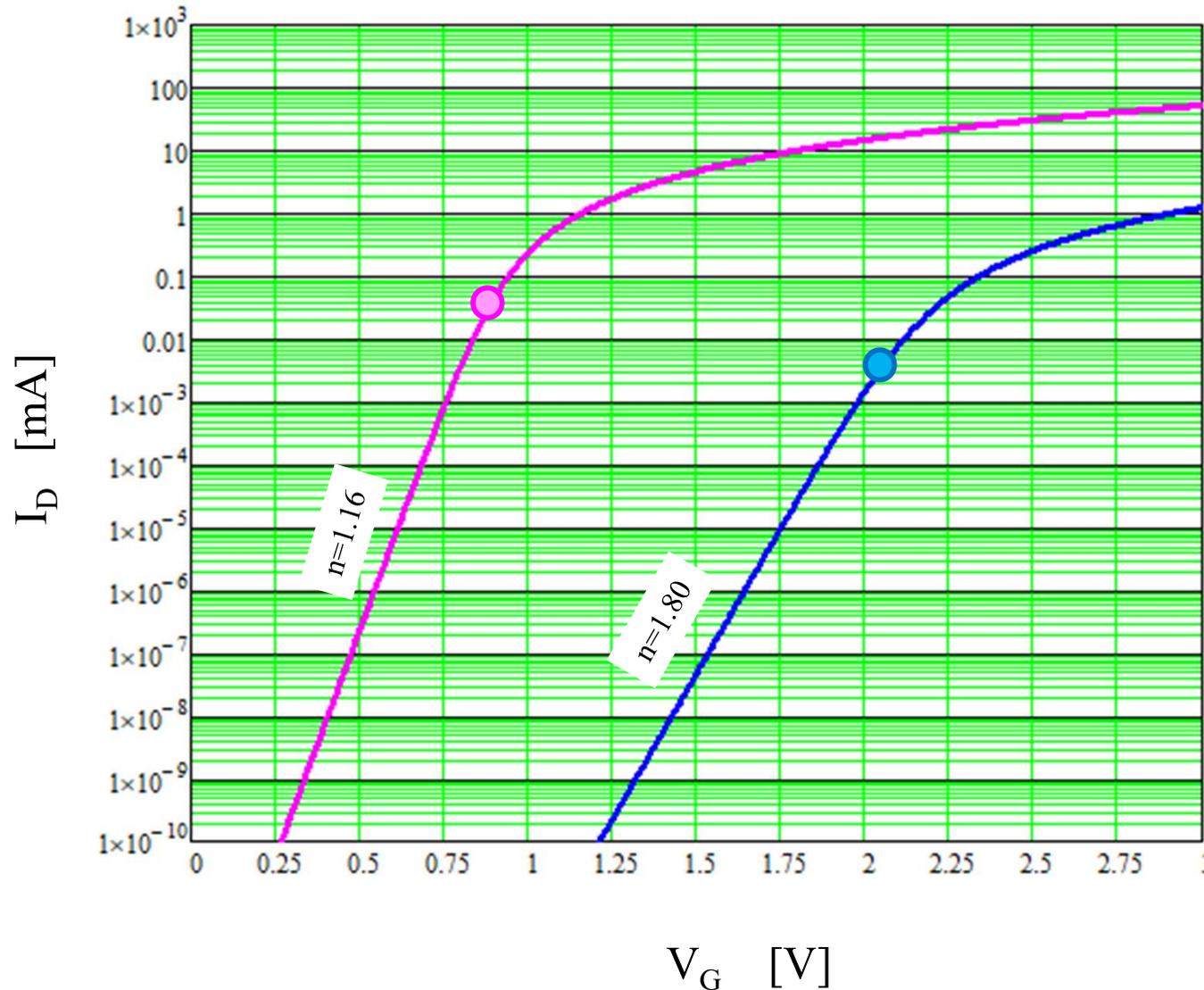
$$Div(D) = 0 \Rightarrow D_{ox}^\perp = D_s^\perp \Rightarrow E_{ox} = \frac{\epsilon_s}{\epsilon_{ox}} E_s$$

ϵ_{ox} augmente

E_{ox} diminue $\rightarrow V_T$ diminue

$n \rightarrow 1$

Variation de la constante diélectrique de l'oxyde



$\epsilon_{ox} = 20$

$\epsilon_{ox} = 4$

$d_{ox} = 10$ nm

$N_A = 10^{18}$ cm⁻³

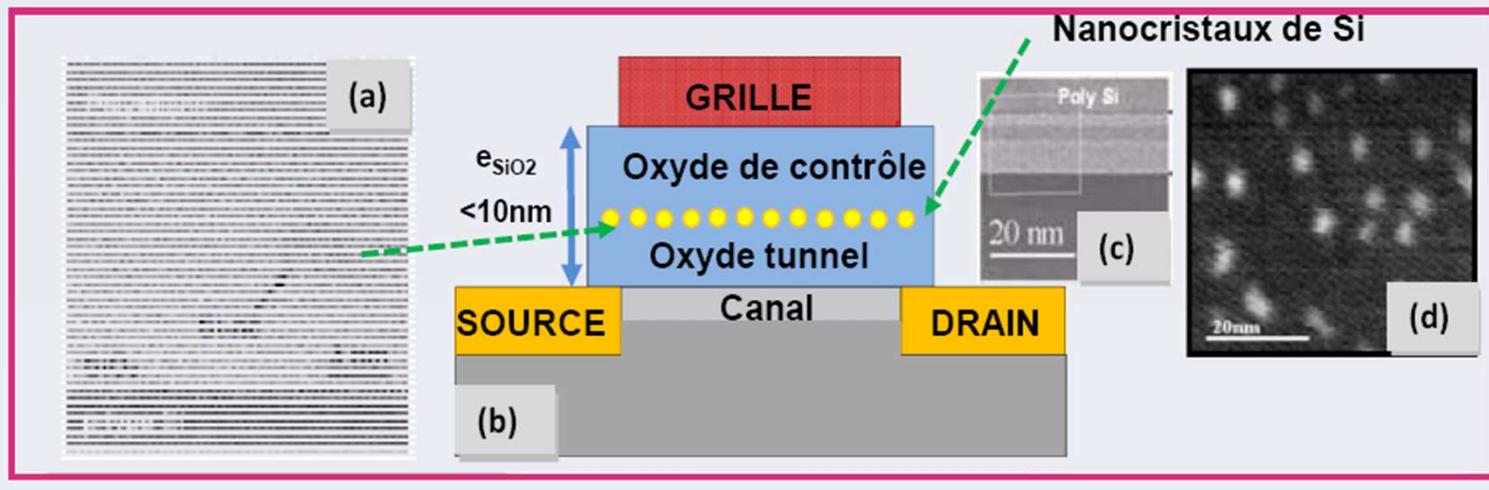
🌀 Toulouse : TP « Nanocrystals inside » 🌀

**FABRICATION DE COMPOSANTS MEMOIRES MOS
A BASE DE NANOCRISTAUX DE SILICIUM**

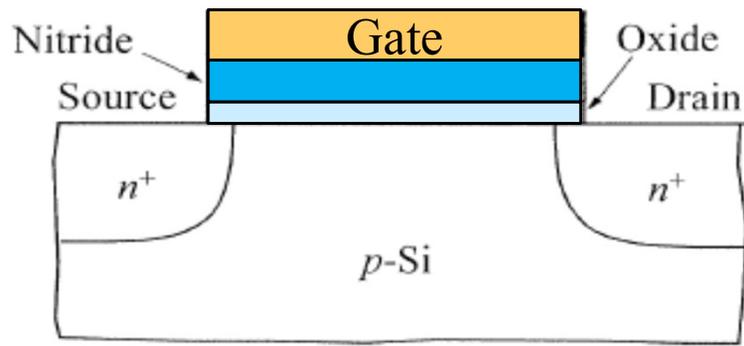
GÉNÉRALITÉS :

Cette formation de courte durée, en salle blanche, donne une approche pratique complète du concept « NANO-INSIDE » appliqué à l'intégration de nanocristaux de silicium dans la technologie NMOS. Il aborde alors toutes les opérations de fabrication des circuits intégrés de type « mémoires », ainsi que leurs caractérisations à la fois matériaux et composants. In fine, le but est de montrer comment une information peut être mémorisée avec des objets nanométriques de façon durable et conservée même sans alimentation.

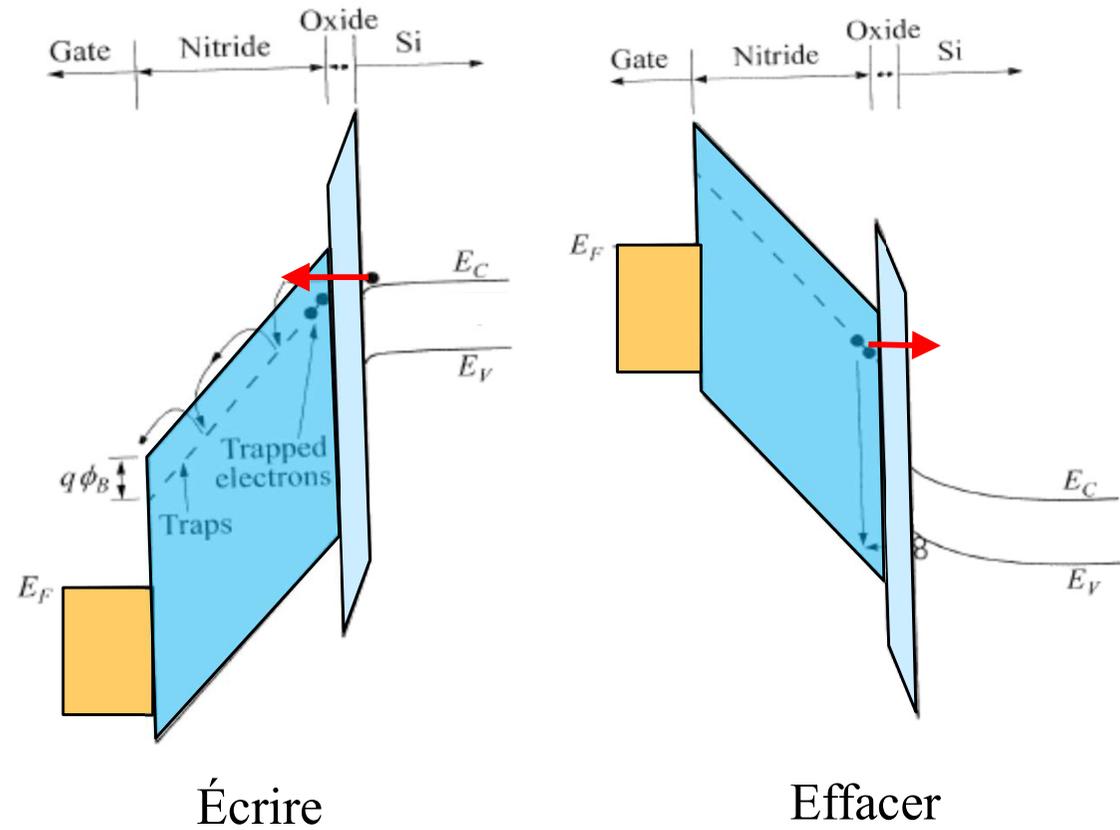
La puce à l'oreille
No. 31,
p. 4, nov. 2009.



MNOS-structure: Metal Nitride Oxide Semiconductor



S.M. Sze, "Physics of semiconductor devices", Wiley



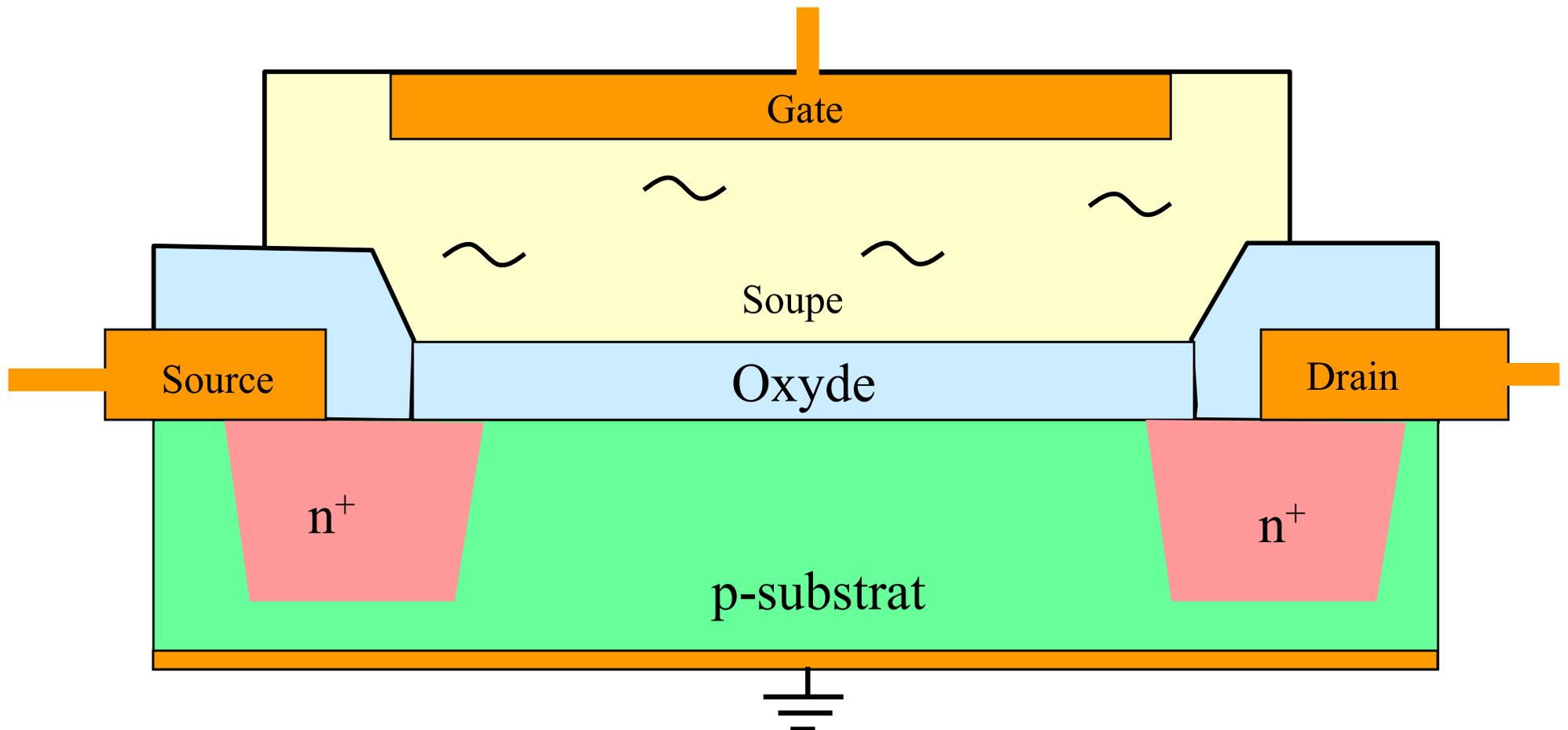
Écrire

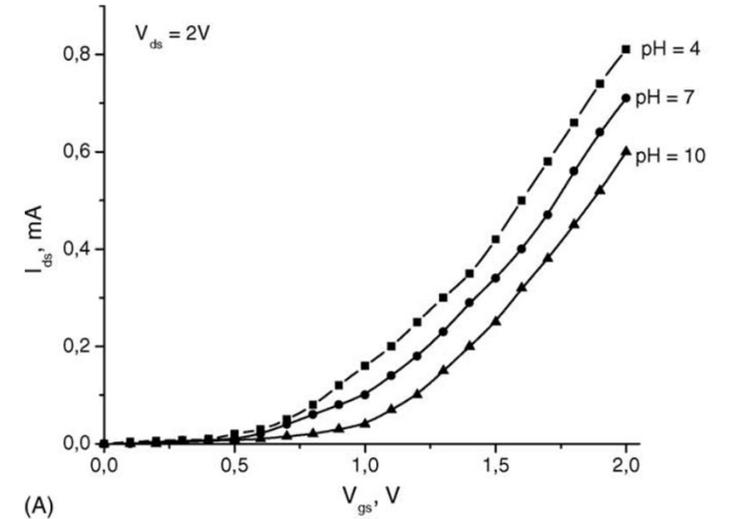
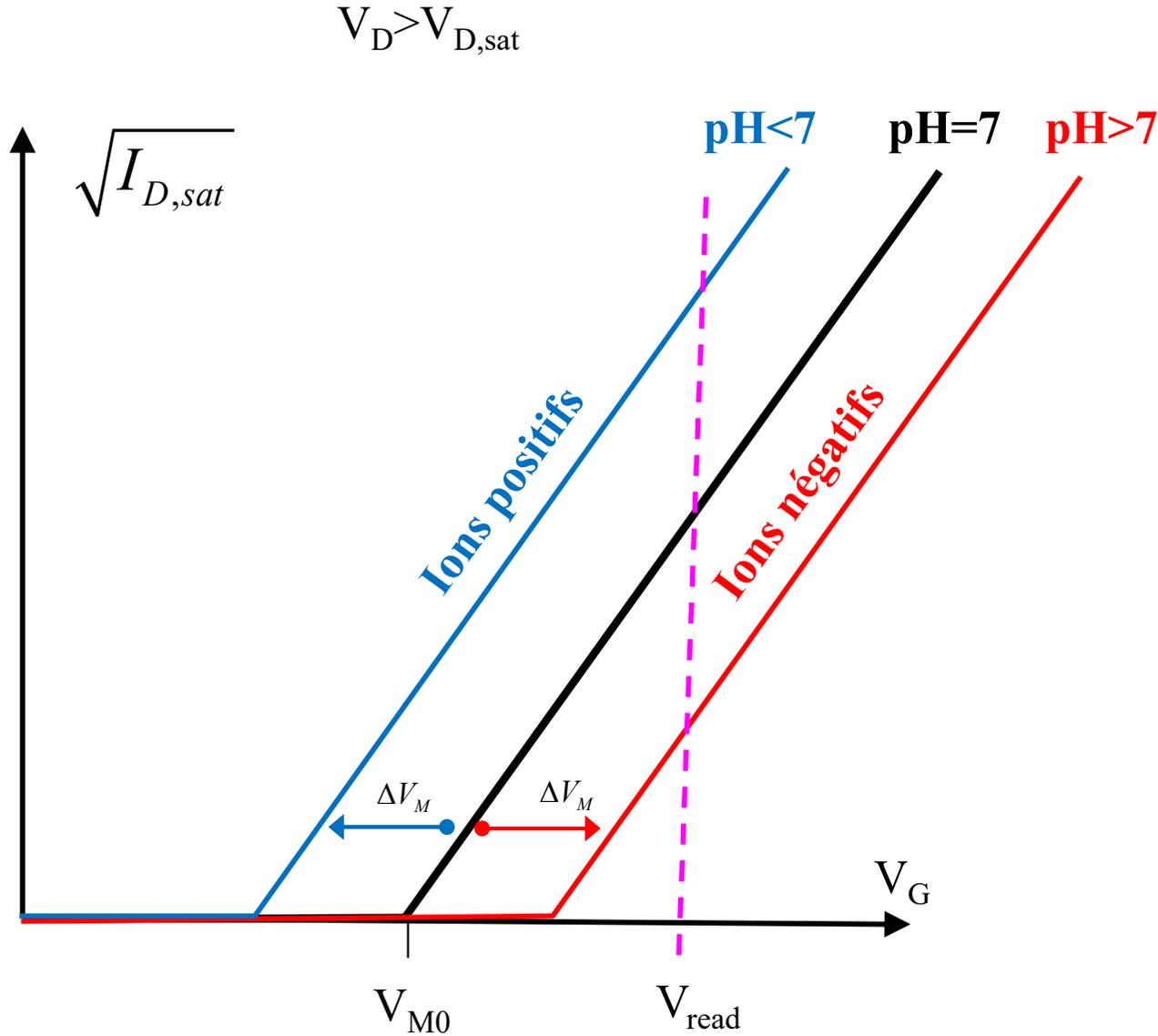
Effacer

Comment varie la tension de threshold si:

A) la soupe contient des ions positifs ($\text{pH} < 7$)

B) la soupe contient des ions négatifs ($\text{pH} > 7$)

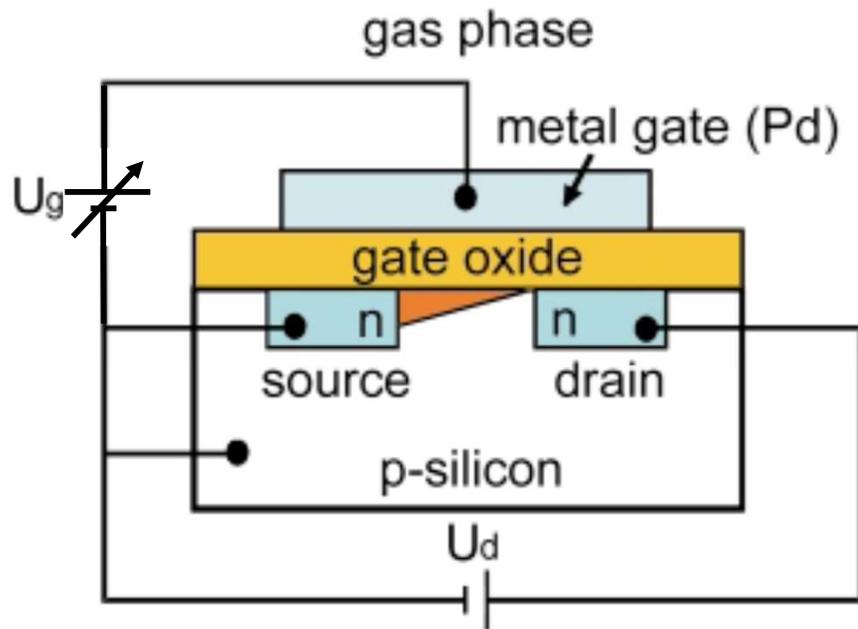




S. V. Dzyadevych et al., «Enzyme biosensors based on ion-selective field-effect transistors», [Analytica Chimica Acta Volume 568, Issues 1–2](#), 24 May 2006, Pages 248-258

Gas measurements

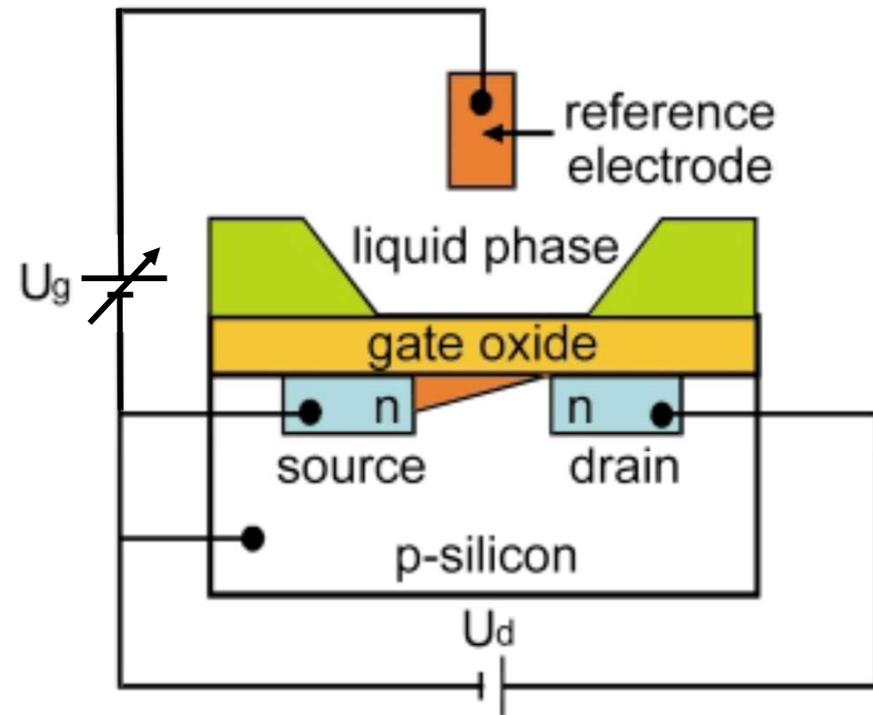
MOSFET



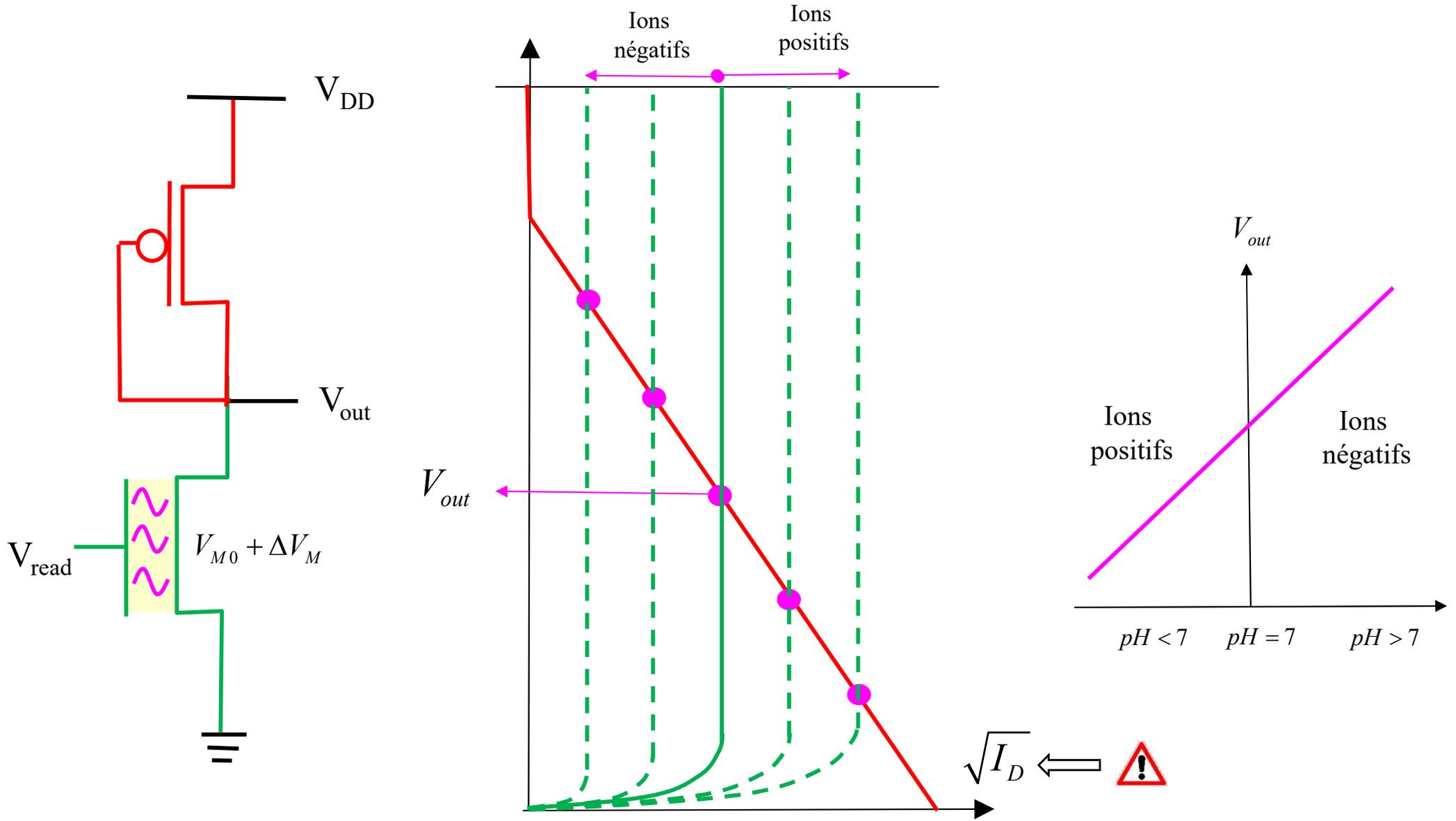
Palladium electrode absorbes ions from the gas

Liquid measurements

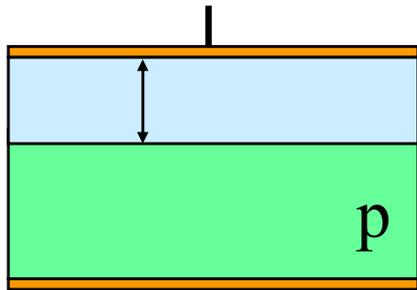
ISFET



Adapté de: A. Hierlemann and H. Baltes "CMOS-based chemical microsensors" *Analyst*, 2003, 128, 15–28

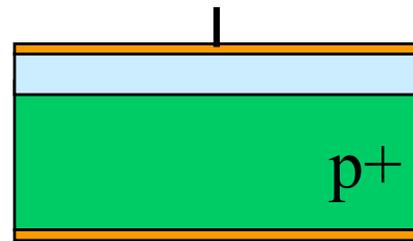


Field Oxide



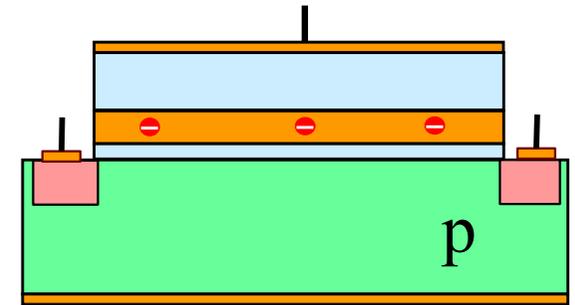
$d_{ox} \nearrow$ $V_T \nearrow$

Chanel stop



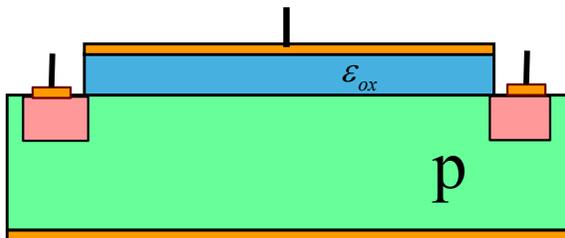
$p \nearrow$ $V_T \nearrow$

Floatgine gate memory



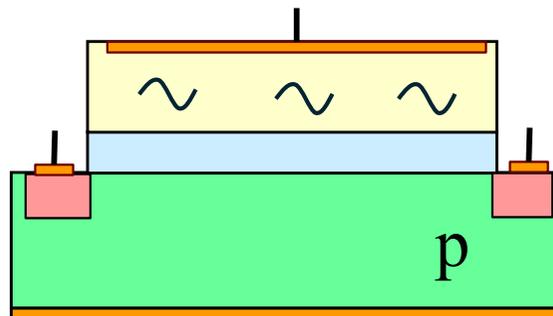
$- \nearrow$ $V_T \nearrow$

High K



$\epsilon_{ox} \nearrow$ $V_T \searrow$

ISFET

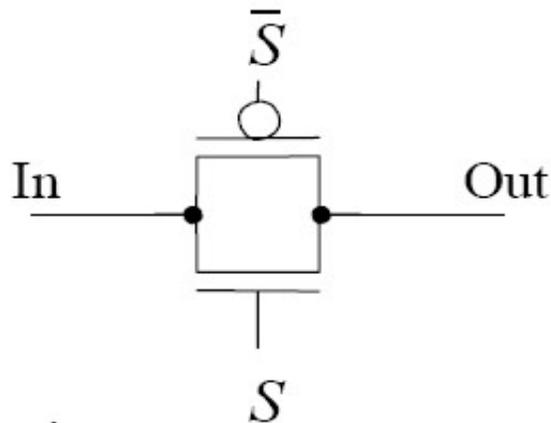


$\sim -$ $V_T \nearrow$
 $\sim +$ $V_T \searrow$

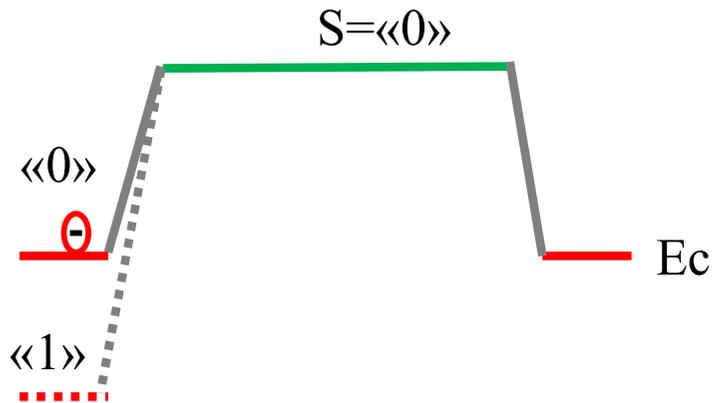
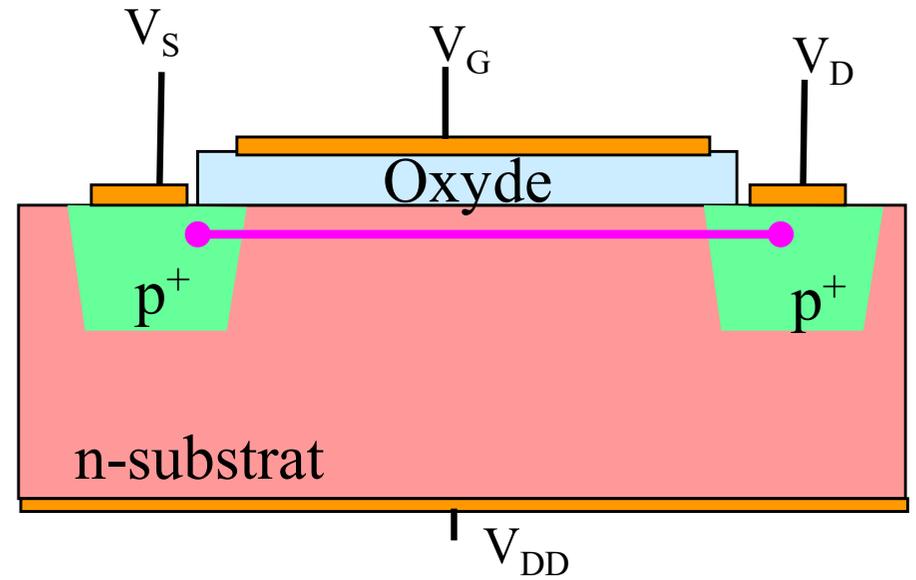
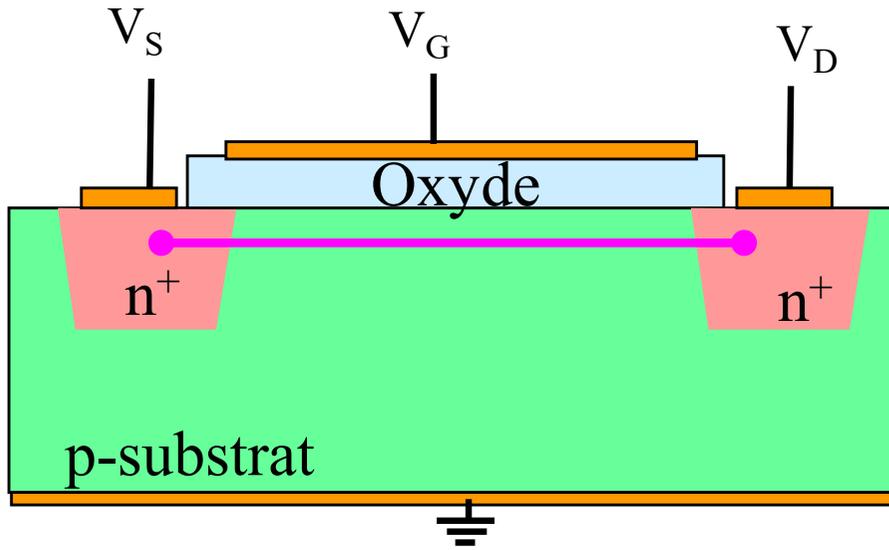
• • •

E11.2: Transmission gate

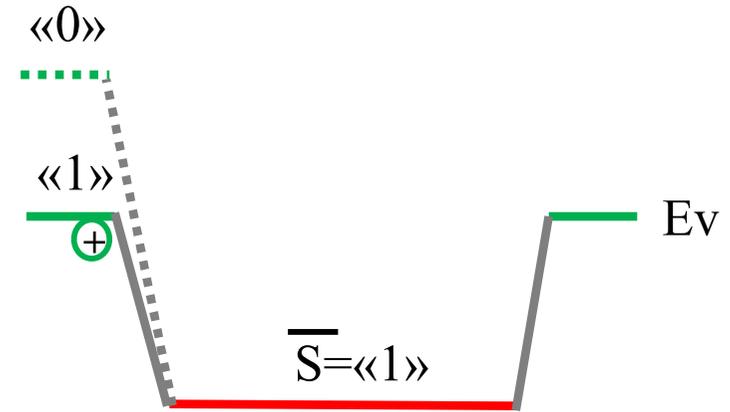
- Considérez le circuit ci-contre. Les signaux sont digitaux. Trouvez la table de vérité donnant la sortie « out » en fonction de l'entrée « in » et du signal de contrôle « S ».
« \bar{S} » est l'inverse binaire de « S ».
- Pourquoi le PMOS est-il nécessaire ?



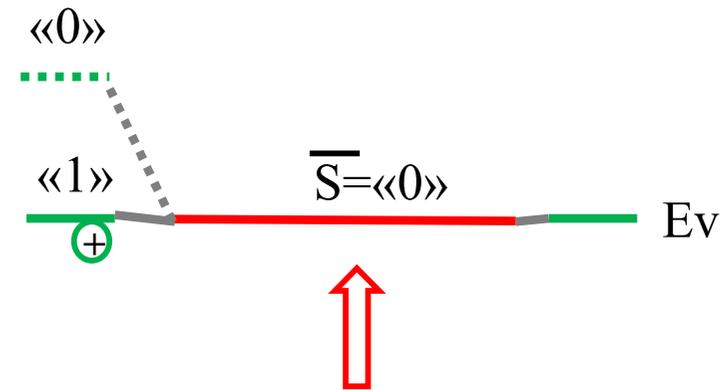
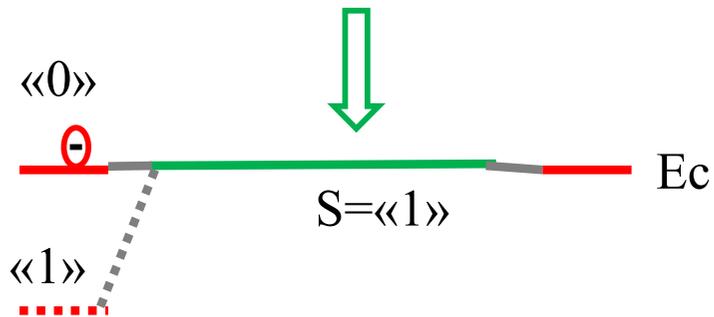
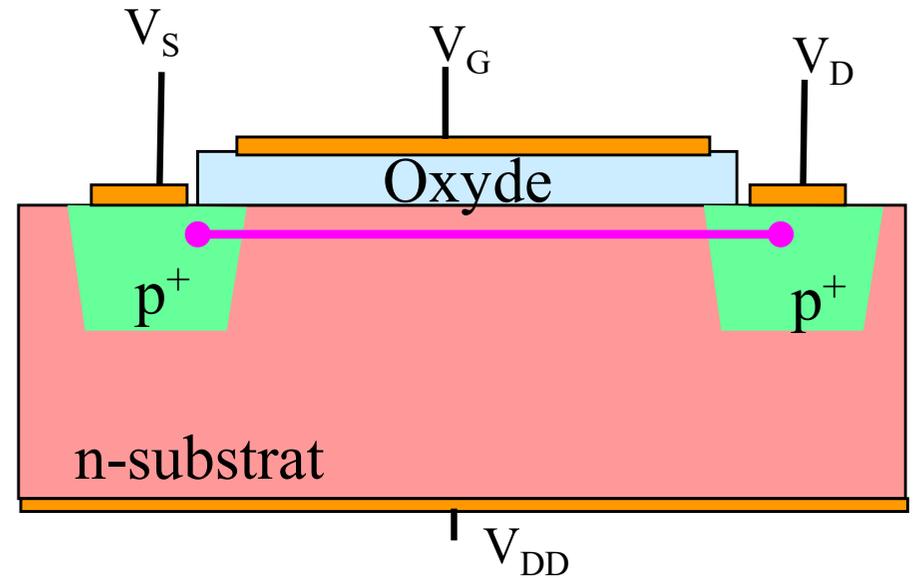
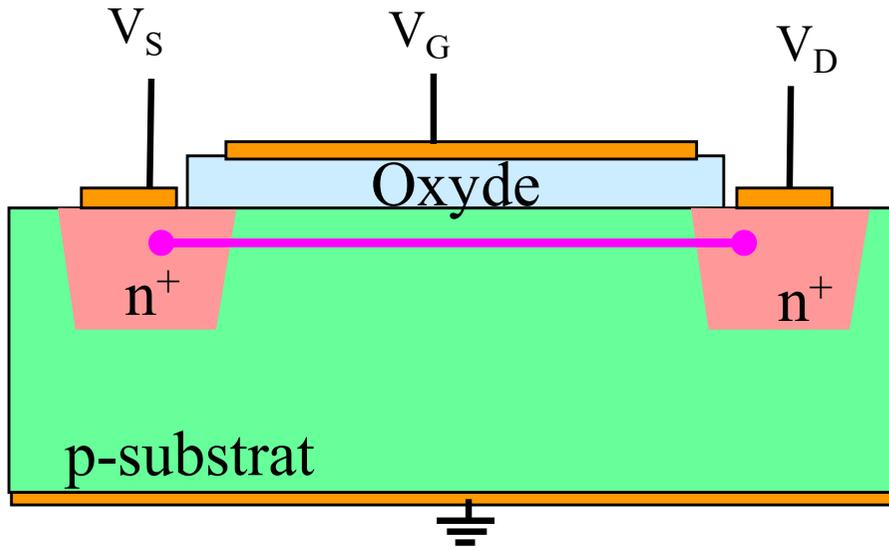
S	IN	OUT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



«0» sur le gate NMOS → pas de transmission



«1» sur le gate NMOS → pas de transmission

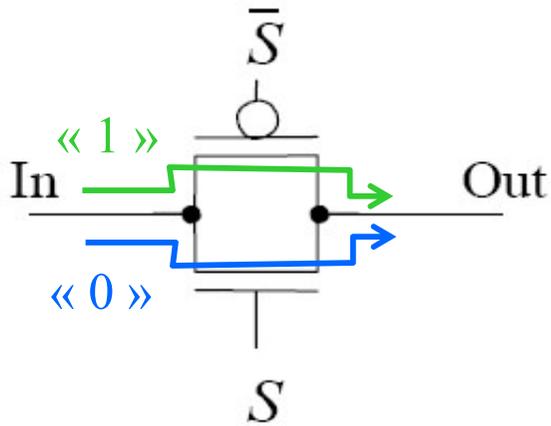


«1» sur le gate NMOS → **transmission des «0»**

«0» sur le gate PMOS → **transmission des «1»**

PMOS

Transmet les «1»



Bloqué

Transmis

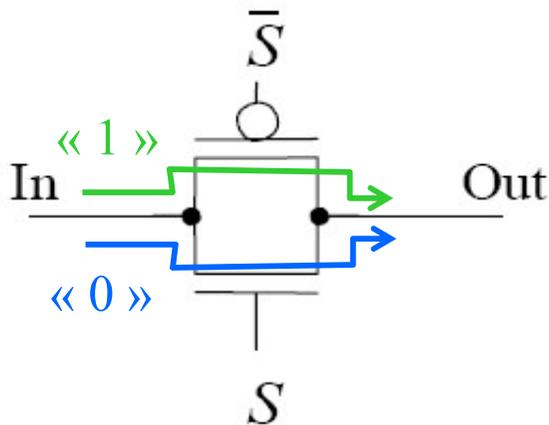
S	IN	OUT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

NMOS

Transmet les «0»

PMOS

Transmet les «1»



NMOS

Transmet les «0»

Bloqué {
Transmis {

S	IN	OUT
0	0	Float.
0	1	Float.
1	0	0
1	1	1

Sans le PMOS, un “1” à l’entrée ne serait pas transmis correctement.

- Le NMOS transmet les “0”.
- Le PMOS transmet les “1”.