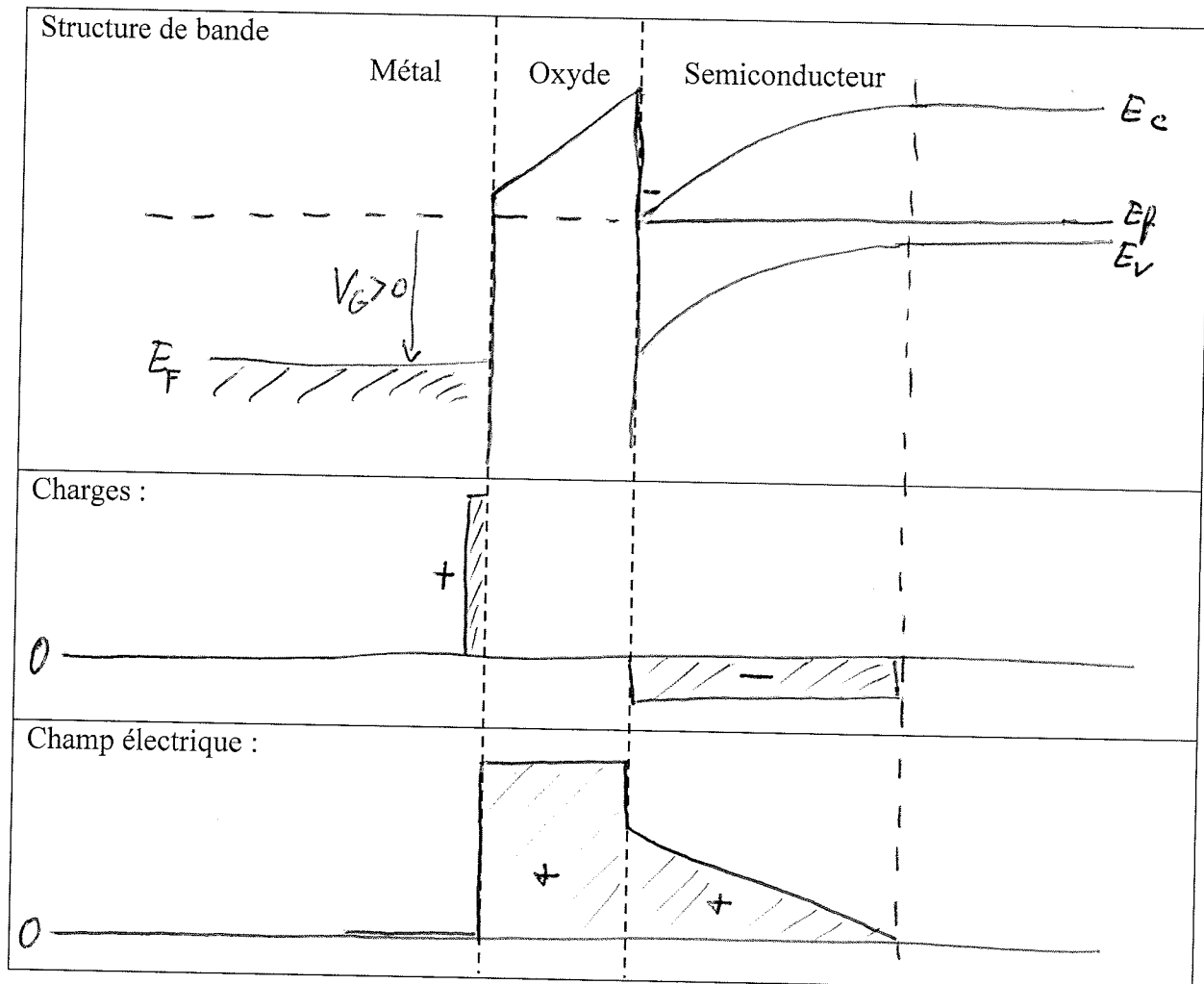


Nom et prénom : .....

### Question 1 :

a) Dessinez le schéma de bande d'une structure MOS sur substrat p à la tension de threshold. Esquissez le profil des charges nettes et le champ électrique.



b) Des ions positifs (charges fixes) sont implantés à l'interface oxyde /semiconducteur en faible quantité. La tension sur le métal est adaptée de façon à maintenir la structure MOS au threshold. Comment varie : (mettez une croix dans la bonne colonne).

|                                                                  | Augmente | Diminue | Reste fixe |
|------------------------------------------------------------------|----------|---------|------------|
| Potentiel de surface $\psi_B$                                    |          |         | X          |
| Charges d'espace dans la zone de déplétion                       |          |         | X          |
| Champ électrique dans l'oxyde                                    |          | X       |            |
| Charges dans le métal                                            |          | X       |            |
| Tension électrique sur le métal<br>(Tension de threshold $V_T$ ) |          | X       |            |

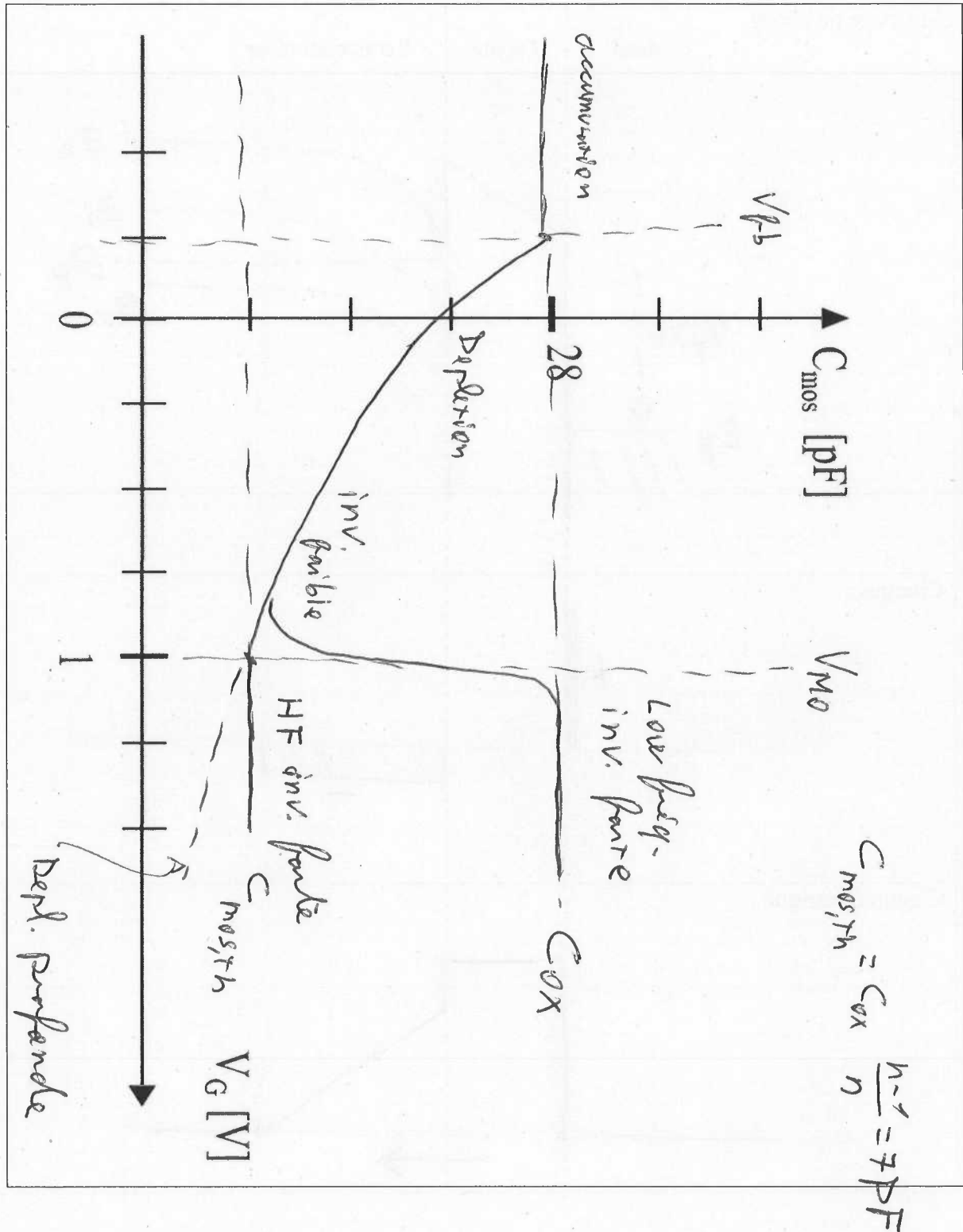
## Question 2 :

Une jonction MOS a une capacité d'oxyde de  $C_{ox}=28\text{pF}$  et un rapport  $C_{B,th}/C_{ox}=n-1=1/3$ .

Sa tension de flat-band est  $V_{fb} = -0.25\text{V}$  et son threshold  $V_{M0} = +1\text{V}$ .

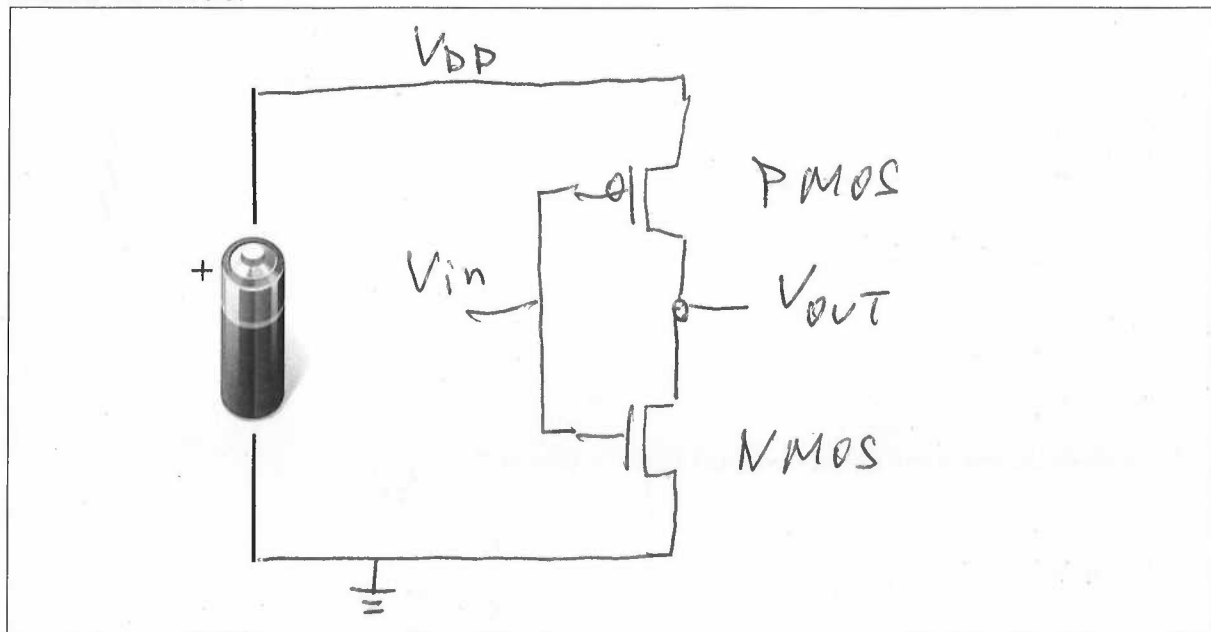
Esquissez son comportement capacitif en fonction de la tension de gate  $V_G$ .

Au-dessus du threshold, différenciez les cas : basses, hautes fréquences et déplétion profonde,

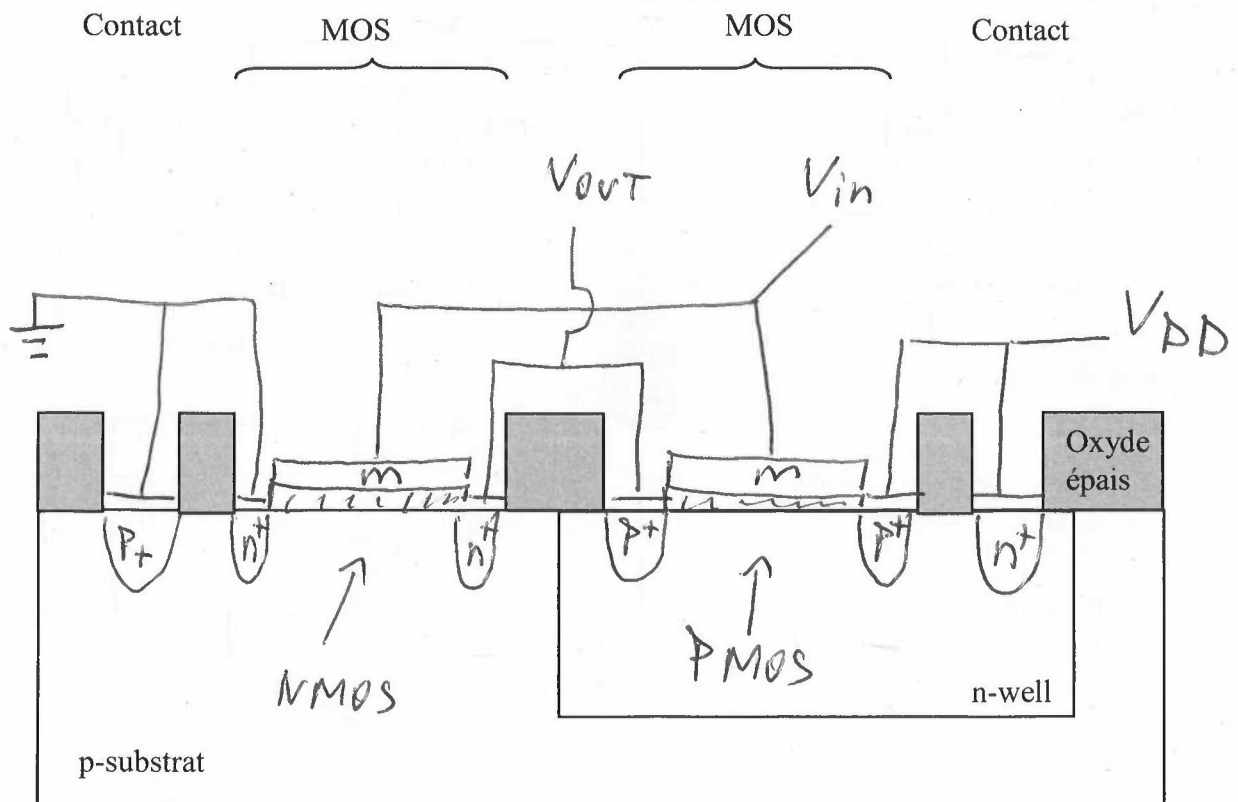


### Question 3 :

a) Dessinez le schéma d'un inverseur CMOS. Reliez-le à la pile et indiquez toutes les tensions nécessaires : Ground,  $V_{DD}$ ,  $V_{in}$  et  $V_{out}$ . Indiquez le type de transistor en utilisant les termes NMOS ou PMOS.



b) Complétez la coupe ci-dessous pour obtenir un inverseur CMOS. Indiquez toutes les tensions nécessaires : Ground,  $V_{DD}$ ,  $V_{in}$  et  $V_{out}$ . Les zones grises sont l'oxyde de champ (épais). Dessinez les diffusions, les connexions, et les jonctions MOS manquantes. Indiquez la localisation et le type de jonction en utilisant les termes NMOS ou PMOS.



#### Question 4 :

a) Complétez la table de vérité du circuit ci-dessous :

| Circuit |   | Table de vérité :                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|         |   | <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>OUT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | A | B | OUT | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| A       | B | OUT                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0       | 0 | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1       | 0 | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0       | 1 | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1       | 1 | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

b) Combien de transistors sont contenus dans ce circuit ? 8

c) De quelle fonction logique s'agit-il ? XOR

#### Question 5 : « bonus »

Le circuit NMOS ci-dessous est conducteur (« switch fermé ») si  $[(A \text{ et } B) \text{ ou } C] = 1$ . Trouvez le circuit « complémentaire » basé sur des transistors PMOS et dessinez le circuit CMOS correspondant. Indiquez le signal de sortie « OUT ».

| PMOS | CMOS |
|------|------|
|      |      |
|      |      |