

DM de physique n°1

Exercice 1 : Fonctionnement d'un pluviomètre capacitif (PT-A-2024)

Un pluviomètre capacitif est modélisé par un condensateur constitué de deux armatures cylindriques coaxiales d'axe (Oz) et de hauteur H , comme représenté sur la **Figure 1** :

- l'armature intérieure de rayon a_1 est portée au potentiel V_1 et possède une charge $Q > 0$ répartie sur sa surface ;
- l'armature extérieure de rayon a_2 est portée au potentiel V_2 (avec $V_2 < V_1$) et possède une charge $-Q < 0$ répartie sur sa surface.

On néglige les effets de bords dans cette étude, ce qui revient à considérer que la hauteur des armatures est infinie lors de la détermination du champ électrique. On considère le système de coordonnées cylindriques du repère $(O, \vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$.

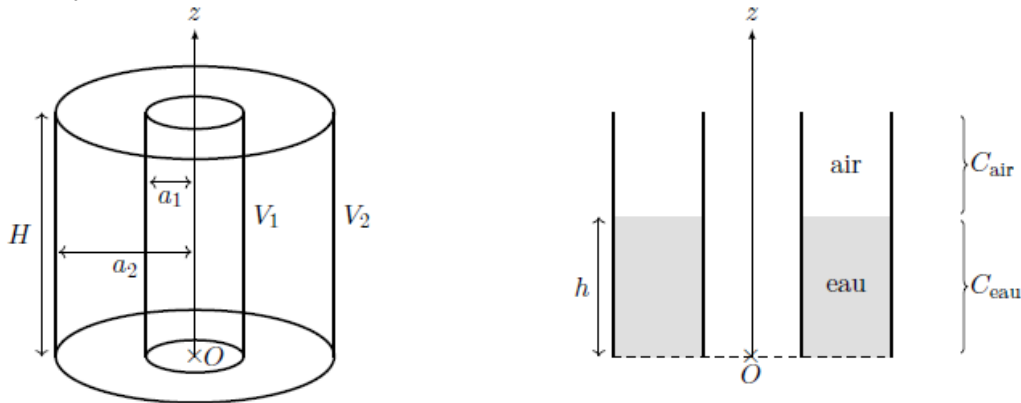


Figure 1 : Pluviomètre capacitif en l'absence d'eau (à gauche), et sa vue de coupe en présence d'eau (à droite).

Dans un premier temps, on étudie le pluviomètre en l'absence d'eau (**Figure 1** à gauche). L'espace entre les deux armatures est alors rempli d'air, que l'on assimile au vide.

1. Justifier, de façon rigoureuse, que le champ électrique entre les deux armatures s'écrit sous la forme :

$$\vec{E}(M) = E(r) \vec{e}_r$$

2. A l'aide du théorème de Gauss, déterminer l'expression de $E(r)$ entre les deux armatures en fonction des données de l'énoncé.
3. Exprimer la capacité C_0 du condensateur en fonction de V_1 , V_2 et Q .
4. En déduire l'expression de C_0 en fonction de a_1 , a_2 , H et de la permittivité diélectrique du vide ϵ_0 .

On étudie maintenant le pluviomètre en présence d'eau (**Figure 1** à droite). Celui-ci étant posé verticalement sur le sol, il s'est rempli progressivement d'eau lorsque de la pluie est tombée dans l'espace entre ses deux armatures cylindriques, et on note h la hauteur d'eau qu'il contient à la fin d'une averse. L'eau est un milieu diélectrique qui est caractérisé par sa permittivité diélectrique ϵ , et on peut montrer que le théorème de Gauss reste valable dans un tel milieu à condition de remplacer ϵ_0 par ϵ .

5. Justifier que la capacité du condensateur en présence d'eau peut s'exprimer comme la somme :

$$C = C_{eau} + C_{air}$$

avec C_{eau} la capacité de la partie du condensateur contenant de l'eau, et C_{air} la capacité de la partie du condensateur contenant de l'air.

6. En déduire que la capacité du condensateur peut s'exprimer sous la forme :

$$C(h) = C_0 (A h + B)$$

avec A et B des constantes que l'on exprimera en fonction de ε , ε_0 et H .

Exercice 2 : Identification d'un circuit intégré (MPI-Mines-Ponts-2024)

On récupère au laboratoire un circuit intégré comportant un certain nombre de portes logiques identiques, dont on est sûr :

- de leur tension d'alimentation $V_{cc} = 15\text{ V}$ associée à la technologie CMOS employée ;
- de la faible valeur ($i < 0,1\text{ }\mu\text{A}$) des courants d'entrée, qu'on négligera donc dans tout ce qui suit.

Les références du circuit intégré n'étant plus lisibles, on n'est plus sûr de la nature des portes en question ; on sait cependant qu'il s'agit nécessairement de portes figurant dans la liste AND, OR, NAND, NOR (ou en français ET, OU, NON ET, NON OU). Pour déterminer la nature de ces portes, on réalise deux séries de mesures de la caractéristique *entrée-sortie* selon les schémas des figures 1 et 2

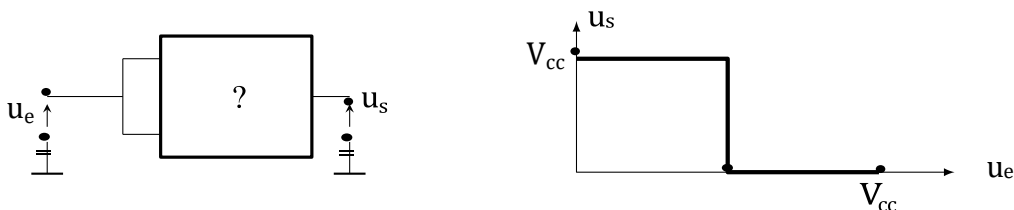


Figure 1 – Montage d'une première série de mesures (à gauche) et ses résultats (à droite).

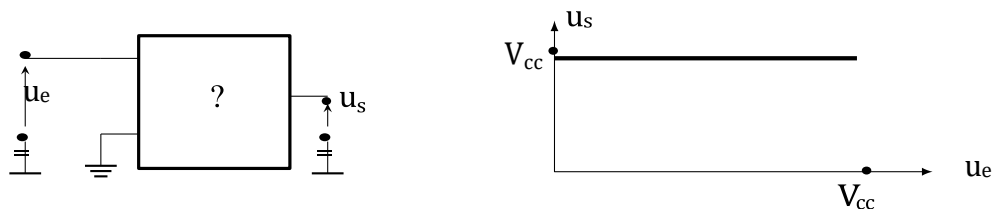
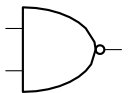


Figure 2 – Montage de la seconde série de mesures (à gauche) et ses résultats (à droite).

7. Que peut-on déduire de la *première* expérience ? Et de la *seconde* expérience ?

On poursuivra l'étude, indépendamment des conclusions ci-dessus, en n'utilisant que des portes NAND (NON ET) que l'on symbolisera à l'aide du schéma suivant :



8. Proposer des montages n'utilisant que des portes NAND réalisant les fonctions NOT, AND et OR. On vérifiera le comportement de chaque montage en donnant sa table de vérité.

9. Le circuit intégré *Texas Instruments CD-4011* (photographie de la figure 5) comporte quatorze broches (*pins* en anglais). Combien de portes NAND comporte-t-il au maximum ? Justifier.



Figure 3 – Circuit intégré TI CD-4011