

2.1.1 Étude d'un condensateur modèle

Un condensateur est un ensemble de conducteurs (les armatures) séparés par un isolant diélectrique, permettant d'accumuler des charges électriques sur ceux-ci si une différence de potentiel leur est imposée. La façon la plus simple d'en construire un est donc de placer deux plaques métalliques en regard. Dans ce cas, la capacité de ce système est :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{e}$$

où S désigne la surface des plaques métalliques, e l'écartement entre elles, et ϵ_r la permittivité diélectrique relative du matériau. Cette formule est valable à condition de négliger les effets de bords, c'est-à-dire si $S \gg e^2$.

Utiliser le condensateur d'Aepinus P68.12. Pour minimiser les capacités parasites, éloigner les fils le plus possible du condensateur, et les fixer avec du ruban adhésif au plan de travail. Mesurer à l'aide d'un RLC-mètre (Voltcraft LCR4080 P69.33), réglé en capacimètre à 1 kHz, la capacité du condensateur d'Aepinus pour différentes valeurs d'écartement e mesurées au pied à coulisse. Tracer C en fonction de $1/e$.

Les fils induisent des capacités parasites, les attacher permet d'assurer que leur valeur est constante : c'est l'ordonnée à l'origine de la courbe. On attend une pente de valeur $\epsilon_0 \epsilon_r S$, avec $S = \pi D^2/4$. Mesurer D et en déduire la permittivité relative de l'air (on attend $\epsilon_r = 1,00$).

Dépendance de la capacité avec le milieu diélectrique

Serrer une plaque de verre P68 entre les armatures et mesurer la nouvelle valeur de capacité. Superposer plusieurs plaques de verre pour faire varier l'épaisseur et recommencer la mesure. Mesurer l'épaisseur des plaques de verre au pied à coulisse. De la même manière que précédemment, tracer C en fonction de $1/e$ et en déduire la permittivité diélectrique relative du verre (à 1 kHz).

2.1.2 Application à un détecteur de niveau d'eau

Le but de cette manipulation est d'étudier un capteur capacitif modèle. On fabrique un condensateur en posant deux feuilles d'aluminium de part et d'autre d'une éprouvette. En remplissant l'éprouvette avec de l'eau, le circuit électrique est modifié, comme indiqué en figure 5.1.

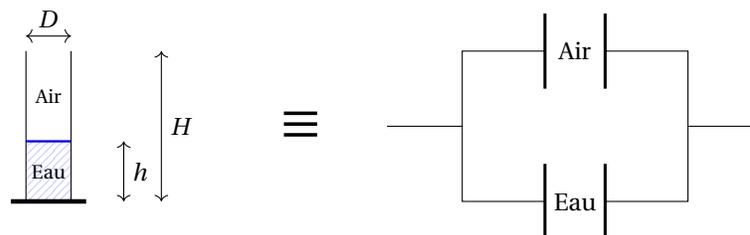


FIGURE 5.1 – Principe du capteur de niveau d'eau et de son équivalent électrique.

La capacité totale du système est donc :

$$C = C_{\text{air}} + C_{\text{eau}} \propto \epsilon_{r,\text{eau}} h + \epsilon_{r,\text{air}} (H - h)$$

Le capteur que nous avons ici traduit donc la hauteur d'eau (mesurande) en une valeur de capacité. C'est donc un capteur passif.

- Manipuler l'éprouvette P68.14/2 avec précaution pour éviter de déchirer le papier aluminium collé sur sa surface.

Mesurer la capacité de l'éprouvette vide P68.14/2, puis de l'éprouvette pleine, au RLC-mètre P69.33.

Étudions maintenant une façon de réaliser le conditionnement de ce capteur. Pour obtenir une tension traduisant la valeur de la capacité, on peut utiliser un circuit qui délivrera une tension continue proportionnelle à la capacité. On peut également constituer un multivibrateur astable (voir TP électronique) dont la fréquence sera proportionnelle à la capacité, ou réaliser un pont d'impédances. Plusieurs exemples de conditionnement des capteurs capacitifs sont exposés dans [Asch], p.365. Nous proposons le conditionnement présenté en figure 5.2.

On a :

$$v_1 = \frac{R}{R + \frac{1}{jC\omega}} v_e = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega} v_e$$

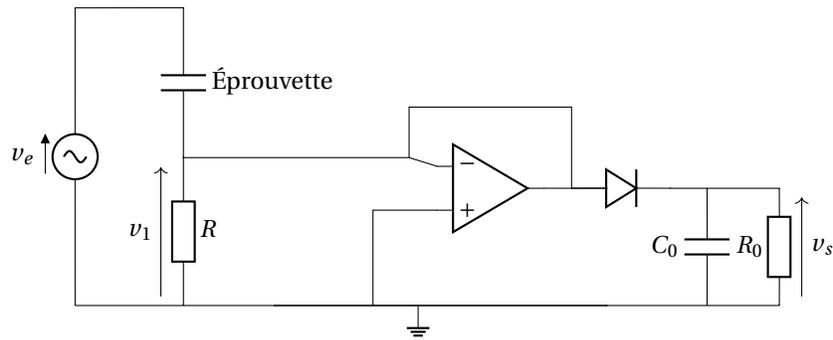


FIGURE 5.2 – Conditionnement du capteur de niveau d'eau.

Si $RC\omega \ll 1$, alors $v_1 = jRC\omega v_e$. Ensuite, on place un suiveur, et un détecteur de crête (diode suivi d'une filtre RC parallèle) permet d'obtenir l'amplitude de la tension alternative. Le signal continu est donc proportionnel à la capacité d'entrée, donc à la hauteur d'eau.

Choix des composants

- Pour les valeurs de R et de ω , un compromis est à trouver : il faut avoir $RC\omega \ll 1$ pour assurer la linéarité du conditionnement, mais $RC\omega$ doit être suffisant pour obtenir un signal d'amplitude significatif. On choisira $R = 200 \text{ k}\Omega$ et $f = 1 \text{ kHz}$.
- Le produit $R_0 C_0$ doit être choisi grand devant la période du signal. Par contre, ce temps conditionne également le temps de réponse de l'ensemble de la chaîne. On prendra $R_0 = 100 \text{ k}\Omega$ et $C_0 = 1 \text{ }\mu\text{F}$.

Câbler le circuit présenté en figure 5.2. Choisir une tension sinusoïdale d'amplitude $V_{pp} = 20 \text{ V}$ et de fréquence 1 kHz , et comme valeurs de composants celles présentées ci-dessus. Pour différentes hauteurs d'eau h dans l'éprouvette, mesurer la tension v_s en sortie au multimètre. Vérifier la linéarité du capteur et calculer sa sensibilité.

ATTENTION : Les problèmes les plus fréquents sont des faux contacts entre les fils de connexion et le papier aluminium.

On réalise ici un étalonnage absolu, en se basant sur un étalon de longueur défini (les graduations de l'éprouvette ici). Il est difficile d'évaluer la rapidité du capteur, qui dépend plus des caractéristiques du conditionnement que du capteur lui-même.

Pour illustrer une application de ce capteur, on peut ajouter en sortie un comparateur, suivi d'une LED P29.25 (voir figure 5.3). Si la tension en sortie de l'AO est $+V_{sat}$ (i.e. $v_s < v_{ref}$), elle s'allume, si c'est $-V_{sat}$ (i.e. $v_s > v_{ref}$), elle s'éteint. On détecte donc avec ce voyant lumineux le passage d'un seuil. On pourrait assez simplement imaginer déclencher la mise en route ou l'arrêt d'une pompe avec ce type de système et un interrupteur commandé.

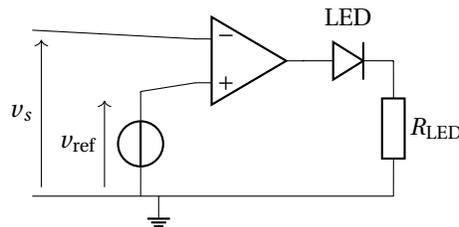


FIGURE 5.3 – Détection du dépassement du niveau d'eau.

Câbler le circuit présenté figure 5.3 à la suite du conditionneur. On pourra choisir $v_{ref} = 3 \text{ V}$ et $R_{LED} = 1 \text{ k}\Omega$. Vérifier son bon fonctionnement : la LED s'éteint lorsque le niveau d'eau dépasse la moitié (environ).

2.2 Étude d'un capteur inductif

☛ [Asch] p.340

Nous avons à disposition un capteur de position inductif à courants de Foucault. L'élément essentiel de ce capteur est une bobine parcourue par un courant de haute fréquence. Cette bobine crée dans son environnement un champ magnétique variable : un objet conducteur placé dans cette zone est donc le siège de courants de Foucault. On peut comprendre le fonctionnement de