

Matériaux et introduction à la HT

TP 01: Matériaux diélectriques

I.Introduction :

Ce TP est une étude d'un condensateur constitué de deux conducteurs sphériques en cuivre séparés par un diélectrique, tel que le verre (glass (quartz)), ou Nylon, ou Verre de Silice (silica glass), ou Polyéthylène, ou PVC ou, PMMA, ou PTFE.

II.Explication théorique :

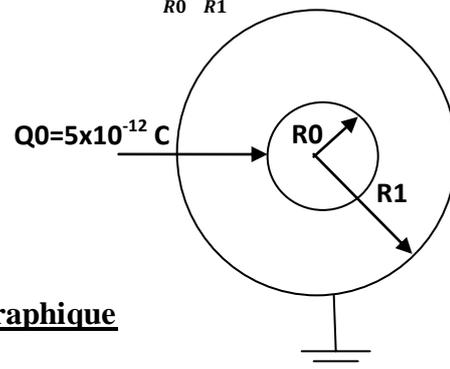
Vous pouvez calculer la capacité d'un condensateur de deux façons. Par définition, la capacité est donnée par l'expression $C=Q/V$.

Où V est la différence de tension entre les deux conducteurs et Q est la charge des deux Conducteurs, positifs et négatifs, respectivement, lorsqu'ils sont connectés dans un circuit à courant continu. L'énergie requise pour charger un condensateur est donnée par l'expression $W_c=Q^2/2C$. L'énergie définie ci-dessus doit être égale à l'énergie du champ électrostatique: $W_c = \int D E d v$. Parce que cette intégrale est facilement disponible dans le mode d'application Electrostatique, la capacité est obtenue à partir de l'expression : $C=Q^2/2W_c$.

Avec la deuxième méthode, une expression analytique de la capacité est calculée et utilisée pour une comparaison avec la solution numérique. Ainsi, supposons des charges $+Q$ et $-Q$ respectivement sur le conducteur sphérique interne et externe. Désignent les rayons des deux sphères par R_1 et R_0 , respectivement. L'application de la loi de Gauss à une surface sphérique de rayon R ($R_0=0.05m < R < R_1=0.19m$) donne : $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon R^2} e_r$.

La différence de potentiel entre les sphères est alors : $V = - \int_{R_0}^{R_1} E d R e_r = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1} \right)$.

Par conséquent, l'expression analytique de la capacité est : $C = \frac{Q}{V} = \frac{4\pi\epsilon}{\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1}}$



III. Modélisation à l'aide de l'interface utilisateur graphique

MODÈLE :

1 Sélectionnez **Axial symmetry (2D)** dans la liste des dimensions de l'espace.

2 Dans la liste des modes d'application, sélectionnez

COMSOL Multiphysics>Electromagnetics>Electrostatics.

OPTIONS ET REGLAGES

Dans le menu Options, choisissez **Axes / Grid Settings**.

Définissez les paramètres d'axe et de grille conformément au tableau ci-dessous. Pour entrer les paramètres sur la page **Grid**, Commencez par décocher la case **Auto**. Une fois terminé, cliquez sur OK.

AXIS		GRID	
r min	-0.2	r spacing	0.05
r max	0.3	Extra r	0.19
z min	-0.2	z spacing	0.05
z max	0.2	Extra z	

Dans la boîte de dialogue Constantes, entrez le nom de variable et l'expression suivants, puis

NAME	EXPRESSION
Q0	5e-12

cliquez sur OK.

MODÉLISATION DE LA GÉOMÉTRIE

Tracez un cercle C1 de rayon 0,19 centré sur (0, 0).

Tracez un cercle C2 de rayon 0,05 centré sur (0, 0).

Tracez un rectangle dont les angles opposés sont compris entre (0.2, 0.4) et (-0.2, -0.2).

Ouvrez the **Create Composite Object** dans la barre d'outils dessin ou dans le menu **Draw**.

Créez un objet composite en tapant C1- (C2 + R1) dans le champ **Set formula**.

PARAMÈTRES PHYSIQUES

Conditions aux limites

Dans le menu **Physics**, choisissez **Boundary Settings**. Entrez les conditions aux limites en fonction du tableau suivant, puis cliquez sur OK.

SETTINGS	BOUNDARIES 1, 2	BOUNDARIES 4, 5	BOUNDARIES 3, 6
Type	Axial symmetry	Surface charge	Ground
ρ_s		$Q0 / (4 * \pi * 0.05^2)$	

Paramètres du sous-domaine

Dans ce modèle, utilisez la bibliothèque de matériaux pour définir les propriétés du matériau:

- 1 Ouvrez la boîte de dialogue **Subdomain Settings** et sélectionnez sous-domaine 1.
- 2 Cliquez sur le bouton **Load** pour ouvrir la boîte de dialogue **Materials/Coefficients Library**.
- 3 Ouvrez le dossier **Basic Material Properties** et sélectionnez glass (quartz) dans la liste des matériaux et cliquez sur OK.

4 La permittivité relative du matériau défini est maintenant utilisée dans les paramètres de sous-domaine.

PRODUCTION DE MAILLE

1 Initialisez le maillage en cliquant sur le bouton **Initialize Mesh** de la barre d'outils principale.

2 Cliquez sur le bouton **Refine Mesh** de la barre d'outils principale pour affiner le maillage une fois.

CALCUL DE LA SOLUTION

Cliquez sur le bouton **Solve** dans la barre d'outils principale.

POST-TRAITEMENT ET VISUALISATION

Le potentiel électrostatique résultant est nul au niveau du conducteur extérieur et positif et constant au niveau du conducteur interne.

- Vous pouvez calculer la capacité du condensateur à l'aide de la fonctionnalité de post-traitement disponible dans COMSOL Multiphysics:
Choisissez **Boundary Integration** dans le menu **Postprocessing** et intégrez l'expression $V/(0,05 * \pi)$ pour les limites 4 et 5. Cela donne une valeur moyenne de 0,157676 pour le potentiel du conducteur intérieur.
- Choisissez **Subdomain Integration** dans le menu **Postprocessing**, cochez la case **Compute volume Integral** et choisissez **Electrostatics (es)>Electric energy density** à partir de la liste **Predefined quantities** pour calculer l'intégrale en volume de la densité d'énergie électrique.

IV. Préparation d'un compte rendu :

Dans COMSOL Multiphysics, vous résolvez le problème du condensateur sphérique en utilisant la 2D axisymétrique Mode d'application électrostatique. Il est facile de calculer la capacité de la COMSOL Multiphysics.

- Donner l'utilisation de chaque diélectrique dans le domaine industrielle ;
- Donner les caractéristiques du potentiel et du champ électrique;
- Déterminer l'énergie électrostatique, la capacité et comparer les résultats numériques avec les résultats analytiques.