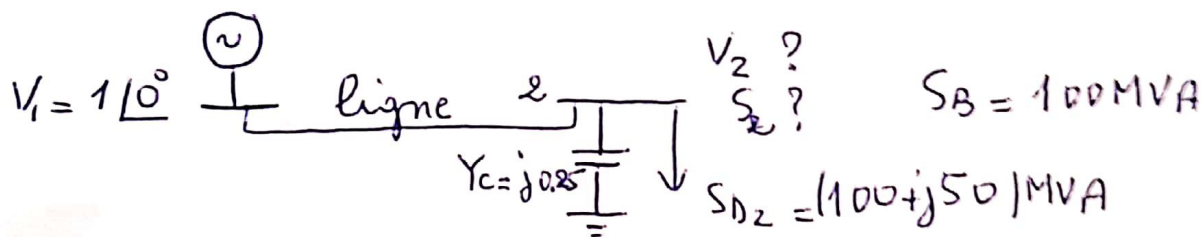


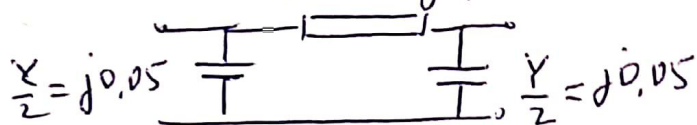
Exo 1 : (12pts)

Le réseau est le suivant :



$V_1 = 1 \angle 0^\circ$  ;  $Y_c = j0.25$

Le circuit équivalent de la ligne :



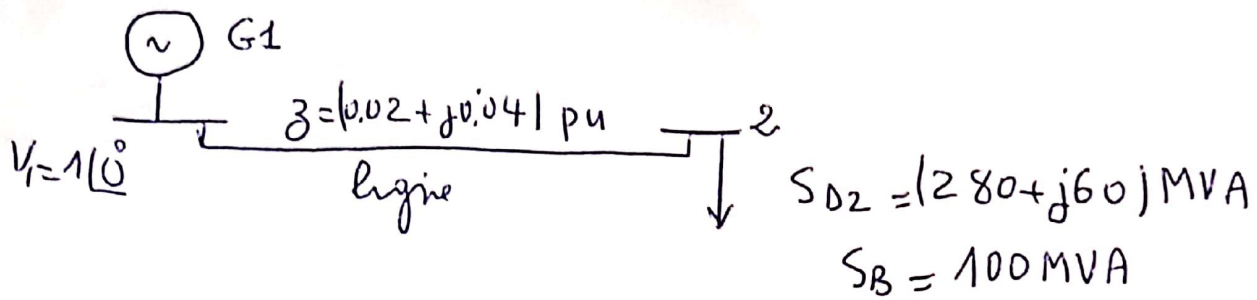
- ④ 1) Effectuez le calcul numérique de la matrice d'admittance .
- ④ 2) Calculez la tension  $V_2$  par la méthode de Gauss Seidel  
 $V_2^{(0)} = 1 \angle 0^\circ$
- ④ 3) Calculez les puissances générées par la source 1 .

Remarque :

Bus 1 : jeu de barre de référence

Bus 2 : jeu de barre de charge .

Exo 2 : (8 pts)



- ④ 1) Calculez la tension  $V_2$  par la méthode de Gauss Seidel  
 $V_2^{(0)} = 0$   
Arrêtez le calcul à la deuxième itération.
- ② 2) Calculez  $P_{G1}$ ,  $Q_{G1}$
- ② 3) Calculez les pertes de la ligne

Exo 1:

$$y_{12} = y_{21} = \frac{1}{0.02 + j0.06} = \frac{0.02 - j0.06}{0.004} = 5 - j15$$

$$Y_{11} = 5 - j15 + j0.05 = 5 - j14.95 \quad (1)$$

$$Y_{12} = Y_{21} = -y_{12} = -5 + j15 \quad (2)$$

$$Y_{22} = 5 - j15 + j0.05 + j0.2 = 5 - j14.7 \quad (1)$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 - j14.95 & -5 + j15 \\ -5 + j15 & 5 - j14.7 \end{bmatrix}$$

$$V_2 = \frac{1}{Y_{22}} \left[ \frac{P_2 - jQ_2}{\frac{+10}{V_2}} - Y_{21} V_1 \right]$$

$$P_2 - jQ_2 = \frac{(P_{G2} - P_{L2})}{S_B} - j \left( \frac{Q_{G2} - Q_{L2}}{S_B} \right) = \frac{-P_{L2}}{S_B} + j \frac{Q_{L2}}{S_B} = \frac{1 \text{ W}}{1 \text{ W}} + j \frac{50}{1 \text{ W}}$$

$$P_2 - jQ_2 = -1 + j0.5$$

$$(2) \quad V_2^{(1)} = \frac{1}{Y_{22}} \left[ \frac{P_2 - jQ_2}{\frac{+10}{V_1}} - Y_{21} V_1 \right] = \frac{1}{5 - j14.7} \left[ \frac{-1 + j0.5}{1 \angle 0} - (-5 + j15) \cdot 1 \angle 0 \right]$$

$$V_2^{(1)} = \frac{1}{5 - j14.7} (-1 + j0.5 + 5 - j15) = \frac{4 - j14.5}{5 - j14.7} = \frac{(4 - j14.5)(5 + j14.7)}{5^2 + 14.7^2}$$

$$V_2^{(1)} = \frac{20 + j58.5 - j72.15 + 213.15}{241.09} = \frac{233.15 - j14}{241.09} = 0.968 - j0.058$$

(1)

$$V_2^{(2)} = \frac{1}{5 - j14,7} \left[ \frac{-1 + j0,5}{0,968 + j0,058} - (-5 + j15) \times 1 \text{L}\ddot{u} \right]$$

$$V_2^{(2)} = \frac{1}{5 - j14,1} \left[ \frac{(-1 + j0,5)(0,968 - j0,058)}{0,939} + 5 - j15 \right]$$

$$V_2^{(2)} = 0,963 - j0,058$$

$$S_1 = V_1 \dot{I}_1 \Rightarrow S_1^* = V_1^* \dot{I}_1 = V_1^* Y_{12} (V_1 - V_2)$$

$$④ S_1^* = 1 \text{L}\ddot{u} \cdot (5 - j15) (1 - 0,963 + j0,058) = (5 - j15)(0,037 + j0,058)$$

$$S_1^* = 1,055 - j0,265$$

$$P_{G_1} = 1,055 \text{ pu}; \quad \varphi_{G_1} = 0,265 \text{ pu}$$

$$P_{G_1} = 105,5 \text{ MW}$$

$$\varphi_{G_1} = 26,5 \text{ MVAR}$$

$$\text{Ex 2: } Y_{12} = \frac{1}{Z} = \frac{1}{0,02 + j0,04} = \frac{0,02 - j0,04}{0,02^2 + 0,04^2} = \frac{0,02 - j0,04}{0,002} = 10 - j20$$

$$Y_{12} = Y_{21} = 10 - j20 = 22,36 \angle -63,43^\circ$$

$$Y_{11} = Y_{22} = 22,36 \angle -63,43^\circ = 10 - j20 = Y_{22}$$

$$Y_{12} = Y_{21} = -Y_{12} = -10 + j20 = 22,36 \angle 116,56^\circ$$

$$V_2^{(2+1)} = \frac{1}{Y_{22}} \left[ \frac{P_2 - jQ_2}{V_2} - Y_{21} V_1 \right]$$

$$P_2 - jQ_2 = \frac{(P_{G_1} - P_M)}{S_B} + j \frac{(\varphi_{G_2} - \varphi_M)}{S_B} = \frac{-280}{1 \text{W}} + j \frac{60}{1 \text{W}} = -280 + j60 \text{ pu}$$

$$V_2^{(1)} = \frac{1}{10 - j20} \left[ \frac{-280 + j60}{1 \text{L}\ddot{u}} - (-10 + j20) \cdot 1 \text{L}\ddot{u} \right]$$

$$② V_2^{(1)} = \frac{1}{10 - j20} (-280 + j60 + 10 - j20) = \frac{-270 + j40}{10 - j20} = 0,42 - j0,1$$



$$V_2'' = 0.42 + j0.1 = 0.425 \angle -6.26^\circ$$

$$V_2 = \frac{1}{10 - j20} \left[ \frac{-2.8 + j0.6}{0.42 + j0.1} - (-10 + j20) \cdot 1 \angle 0^\circ \right]$$

$$\textcircled{2} V_2 = 0.90 - j0.097 = 0.905 \angle -6.15^\circ$$

$$S_1 = V_1 I_1^* \Rightarrow S_1 = V_1^+ I_1^+$$

$$\textcircled{2} S_1^1 = 1 \angle 0^\circ \cdot Y_{12} (V_1 - V_2) = 1 \angle 0^\circ / (10 - j20) (1 - 0.9 + j0.097)$$

$$S_1^2 = |10 - j20| / |0.1 + j0.097| = 2.94 - j1.03 = P_1 - jQ_1$$

$$P_1 = P_{G1} = 2.94 \text{ p.u.} ; P_{G1} = 294 \text{ MW}$$

$$Q_1 = Q_{G1} = 1.03 \text{ p.u.} , Q_{G1} = 103 \text{ MVAR}$$

$$S_2 = \frac{-P_{NL}}{S_B} + j \frac{Q_{NL}}{S_R} = \frac{-280}{100} - j \frac{60}{100} = -2.8 - j0.6$$

$$\textcircled{2} \Delta P = 14 \text{ MW} \quad \Delta Q = 43 \text{ MVAR}$$

3

## الإجابة النموذجية لامتحان أخلاقيات المهنة و الملكية الصناعية

الإجابة الأولى ..... (05 نقاط)

{لا} القصد الجنائي : لا تقوم الجريمة إلا إذا تعمد الفاعل إفشاء فلا تحصل إن تم الإفشاء على إهمال أو عدم احتياط و عليه لا تقوم الجريمة في حث الطبيب ان ترك معلومات سرية في مكان غير آمن

{لا} تنازع المصالح : وهي الوضعية التي يوجد فيها موظف عمومي له مصلحة خاصة ، من شأنها أن تؤثر على السير الموضوعي والعدل لمهامه الرسمية.

{لا} عقوبة إفشاء السر المهني : يعاقب القانون الجزائري على جنحة الإفشاء للسر المهني بالحبس من شهر إلى 6

أشهر و غرامة من 500 دج إلى 5000 دج

{لا} التصاميم الصناعية: هي المظهر أو الشكل الجمالي أو الزخرفي المستخدم مع قطعة مصنوعة من شيء ما، عبارة عن مجسم؛ أي عنصر ثلاثي الأبعاد كأشكال القطع.

{لا} المصنف المنجز في إطار علاقة عمل: هو الذي يتعهد فيه أحد المتعاقدين بأن يعمل في خدمة المتعاقد الآخر وتحت إدارته أو إشرافه مقابل أجر.

الإجابة الثانية ..... (05 نقاط)

{لا} الحقوق المجاورة : حقوق الفنان أو العازف ، منتجي التسجيلات الصوتية ، هيئات البث السمعي أو السمعي البصري

{نعم} المؤشرات الجغرافية: هي نوع من أنواع الإشارات التي تشمل أيضاً ما يُعرَف باسم تسميات المنشأ، وهي تتبع شهرة، أو وصفات، أو خصائص

{لا} باقي التحويلات الأصلية: يقصد بها التغييرات إلى أن يتم إدخالها على مصنفات أصلية فتتحول إلى مصنفات مشتقة

{لا} الملكية الفكرية : حق لا يسقط بعدم الإستعمال لمدة زمنية صغيرة أو كبيرة بل يدوم مادام محله دائم

{نعم} الحلم : يعد الحلم أحد المميزات الرئيسية لأخلاقيات المهنة وهو ما يعرف بضبط النفس عند الغضب، أي العامل أو الموظف يكون حليماً و متزناً و ذو حكمة في المواقف الصعبة

الإجابة الثالثة ..... (04 نقاط)

1- أن تكون صادق مع نفسك ومع خصمك

2/ الأمناء بحكم الضرورة

3- يتناول المؤلف خلال هذه المرحلة أفكاره بالدراسة والتقييم

4- حق غير قابل للحجز عليه

الإجابة الرابعة ..... (06 نقاط)

1- الإفصاح المالي: وهو إجراء تنص عليه سياسات منع تضارب المصالح ويلزم الموظفون بموجبه

بتقديم إقرارات تتعلق بأنفسهم وزوجاتهم أو أزواجهم وأبنائهم القاصرين. وتحتوي هذه الإقرارات

على شهادة تفيد بأن الأصول المالية المملوكة لهم لا تمثل تضارباً في المصلحة بين أداء واجبات

الموظف الرسمية ومصالح الهيئة التي يعمل لديها

Nom : .....
Prénom : .....
Groupe : .....

Durée : 1 h

## Correction

**Q1 (3.5 pts) :** Quels sont les éléments constitutif d'un système de protection ?

**Jeux de Barre**

**Transformateur de Tension (TT)**

**Transformateur de Courant (TC)**

**Relais de protection**

**Disjoncteur**

**Q2 (03pts) :** Quels sont les réglages d'un relais à maximum de courant ?

- **Réglage instantané :** le réglage instantané est spécifié en fonction du seuil de courant au delà duquel le relais déclenche.

- **Réglage du temps de retard :**

**Réglage du seuil de fonctionnement en courant ;**

**Réglage de la temporisation (TDS)**

**Q3 (1,5 pts) :** Le courant de défaut le plus élevé est éliminé après la temporisation :

la plus courte       **la plus longue**       aucune réponse

**Q4 (1,5 pts) :** Le temps d'élimination des courts-circuits comprend :

Le temps de fonctionnement des relais.

Le temps d'ouverture des disjoncteurs

**Les deux au même temps**

**Q5 (1,5 pts) :** La protection à maximum de courant ne sont pas utilisé dans le cas ou les courants des défauts sont au-dessous du courant de charge maximal ;       Faux       **Vrais**

**Q6 (1,5 pts) :** L'emploi des transformateurs de courant sur les lignes à haute tension est indispensable pour des raisons de sécurité ;       Faux       **Vrais**

**Q7 (1,5 pts) :** La nature des dispositifs de protection ne dépend pas de leur capacité à assurer cette protection;       **Faux**       Vrais

**Q8 (1,5 pts) :** La sélectivité à pour but d'assurer d'une part la continuité de service d'alimentation en énergie électrique et d'autre part la fonction secours entre les protections       Faux       **Vrais**

**Q9 (1,5 pts) :** Les relais de protection sont prévus pour des courants et des tensions des valeurs réels :

**Faux**       Vrais

**Q10 (1,5 pts) :** Une protection a un fonctionnement correct lorsqu'elle émet une réponse à un défaut sur le réseau en tout point conforme à ce qui attendu.       Faux       **Vrais**

**Q11 (1,5 pts) :** La notion de sensibilité d'une protection est fréquemment utilisée en référence au courant de court-circuit le plus grand pour lequel la protection est capable de fonctionner.

**Faux**       Vrais

1-écrit sous la forme d'une équation d'état le modèle mathématique de la MAS, dans le repère (d-q) ,

$Wc=wr$  ;  $\dot{X} = AX + BU$  , avec :  $X=[isd ,isq ,ird ,irq]^T$  : Vecteur d'état (4 points)

Les équations électriques

$$\begin{cases} U_{sd} = i_{sd}.rs + \frac{d\Phi_{sd}}{dt} - \Phi_{rq}.\omega_r \\ U_{sq} = i_{sq}.rs + \frac{d\Phi_{sq}}{dt} + \Phi_{rd}.\omega_r \\ 0 = i_{rd}.rr + \frac{d\Phi_{rd}}{dt} \\ 0 = i_{rq}.rr + \frac{d\Phi_{rq}}{dt} \end{cases}$$

**les équations des flux**

$$\begin{cases} \Phi_{ds} = L_s i_{ds} + M i_{dr} \\ \Phi_{qs} = L_s i_{qs} + M i_{qr} \\ \Phi_{dr} = L_r i_{dr} + M i_{ds} \\ \Phi_{qr} = L_r i_{qr} + M i_{qs} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{sd} = i_{sd}.rs + \frac{d}{dt}(L_s i_{sd} + M i_{rd}) - (L_s i_{sq} + M i_{rq}).\omega_r \\ U_{sq} = i_{sq}.rs + \frac{d}{dt}(L_s i_{sq} + M i_{rq}) + (L_s i_{sd} + M i_{rd}).\omega_r \\ 0 = i_{rd}.rr + \frac{d(L_r i_{rd} + M i_{sd})}{dt} \\ 0 = i_{rq}.rr + \frac{d(L_r i_{rq} + M i_{sq})}{dt} \end{cases}$$

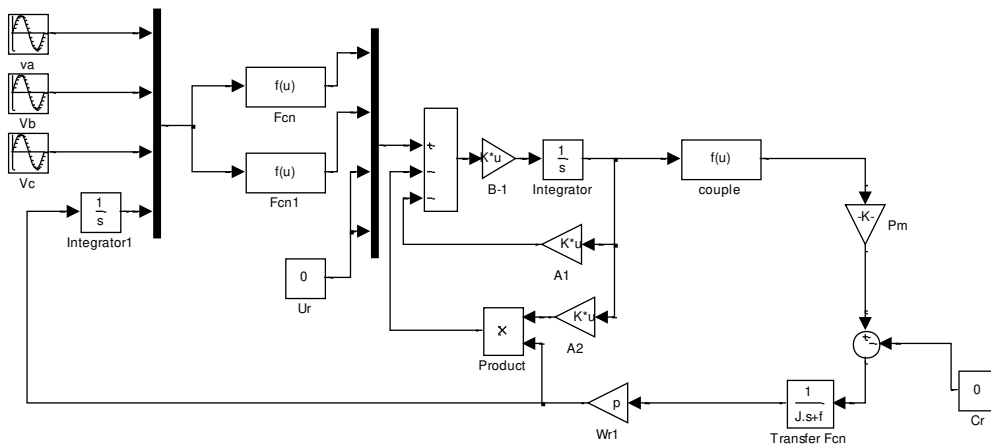
$$\begin{bmatrix} L_s & 0 & M & 0 \\ 0 & L_s & 0 & M \\ M & 0 & L_r & 0 \\ 0 & M & 0 & L_r \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \\ i_{rd} \\ i_{rq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s & \omega_r L_s & 0 & \omega_r M \\ -\omega_r L_s & r_s & -\omega_r M & 0 \\ 0 & 0 & -r_r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \\ i_{rd} \\ i_{rq} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{sd} \\ v_{sq} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Donc l'équation d'état du système donne par :

$$[L] \frac{d}{dt} [I] = [Ar][I] + [V]$$

$$\frac{d}{dt} [I] = [L^{-1}][Ar][I] + [L^{-1}][V] \quad \text{donc } A = [L^{-1}][Ar], B = [L^{-1}]$$

2- - Donner le schéma de simulation de la MAS dans la référence d-q (3 points)



3-L' équation de rotor dans la répare (abc) donné par :  $[V_{abcr}] = [Rr] \cdot [I_{abcr}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abcr}]$

Trouver les équations rotroique de la MAS dans les axes x-y : (3 points)

$$[V_{abcr}] = [Rr] \cdot [I_{abcr}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abcr}]$$

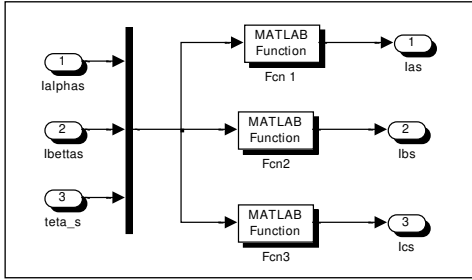
$$[V_{dqr}] = [p]^{-1} ([Rr] \cdot [I_{abcr}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abcr}]) = [p]^{-1} [Rr][p] [I_{dqr}] + [p]^{-1} \frac{d}{dt} ([p][\phi_{dqr}]) = [Rr][Id] [I_{dqr}] + [p]^{-1} \frac{d}{dt} [p][\phi_{dqr}] + [Id] \frac{d}{dt} [\phi_{dqr}]$$

$$[V_{dqr}] = [Rr][Id] [I_{dqr}] + [Id] \frac{d}{dt} [\phi_{dqr}] + \begin{bmatrix} 0 & -(ws - wr) \\ (ws - wr) & 0 \end{bmatrix} [\phi_{dqr}]$$



$$\begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_r & 0 \\ 0 & R_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_{dr} \\ \phi_{qr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -(\omega_s - \omega_r) \\ (\omega_s - \omega_r) & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \phi_{dr} \\ \phi_{qr} \end{bmatrix}$$

4-donner les expressions des fonctions (Fnc1,Fnc2, Fnc3) (3 points)



$$\begin{aligned} V_{as} &= \sqrt{2/3} * (u(1) * \cos(u(3)) - u(2) * \sin(u(3))) \\ V_{bs} &= \sqrt{2/3} * (u(1) * \cos(u(3) + 2 * \pi / 3) - u(2) * \sin(u(3) + 2 * \pi / 3)) \\ V_{cs} &= \sqrt{2/3} * (u(1) * \cos(u(3) + 4 * \pi / 3) - u(2) * \sin(u(3) + 4 * \pi / 3)) \end{aligned}$$

5- donner le principe de la commande scalaire (2 points)

Cette méthode de commande est basée sur le modèle de la machine en régime permanent et son principe donc est de maintenir  $V/f$  constant, ce qui signifie garder le flux constant et le contrôle du couple se fait par l'action sur le glissement.

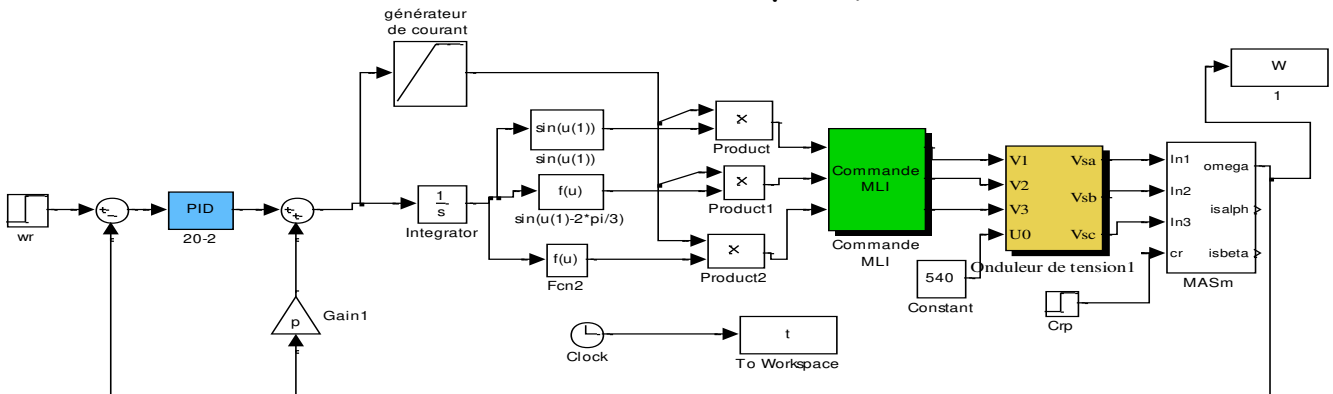
La variation de la vitesse est obtenue par la variation de la pulsation statorique qui est générée directement par le régulateur de vitesse

$$\bar{v}_s = R_s \cdot \bar{I}_s + \frac{d}{dt} \bar{\phi}_s + j \omega_s \bar{\phi}_s, \quad \text{en régime permanent : } \bar{v}_s = R_s \cdot \bar{I}_s + j \omega_s \bar{\phi}_s$$

La chute de tension ohmique peut être négligée alors :  $\bar{v}_s = j \omega_s \bar{\phi}_s$

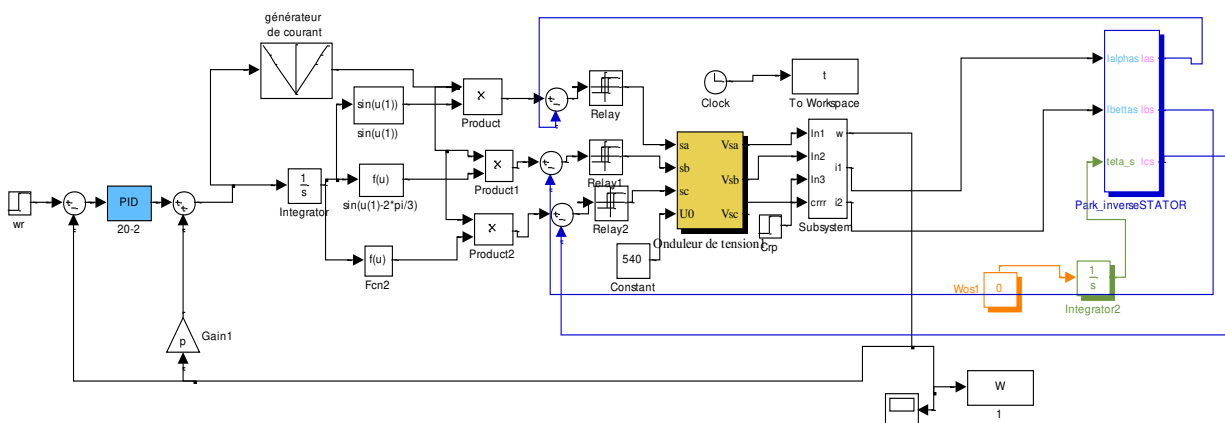
Ce qui caractérise une loi en  $V_s / f_s = \text{constant}$ .

6-Donner le diagramme de la commande scalaire en tension (2.5 points)



$$Fnc1 = \sin(u(1)), Fnc2 = \sin(u(1) + 2 * \pi / 3), Fnc3 = \sin(u(1) + 4 * \pi / 3)$$

7-Donner le diagramme de la commande scalaire en courant (2.5 points)



**Solution EXAMEN**  
**SURTENSION ET COORDINATION DE L'ISOLEMENT**

**QUESTION N°01:)**

Donnez une définition de la coordination de l' isolement.

**Le mot coordination désigne des actions dont l'objectif est d'harmoniser deux ou plusieurs choses. C'est un concept tout à fait commun que l'on rencontre fréquemment dans la vie courante. Dans le monde technique**

**QUESTION N°02:) Définir**

- Isolation auto-régénératrice

**c'est-à-dire qu'elle retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive (ou amorçage)**

- Isolation non auto-régénératrice

**C'est-à-dire qu'elle perd ses propriétés isolantes ou ne les retrouve pas intégralement après une décharge disruptive**

*La tenue diélectrique d'une isolation*

**tenues qui caractérisent la capacité d'une isolation à supporter certains niveaux de tension sans rupture diélectrique, c'est-à-dire sans amorcer**

**QUESTION N°03:)**

***Citez les classifications des contraintes de tension apparaissant sur les réseaux électrique***

***Voir le tableau***

**QUESTION N°04:**

Définir la notions de tension la plus élevée pour le matériel ( $U_m$ )

**est la valeur efficace de la tension entre phases, la plus élevée pour laquelle un matériel est spécifié en ce qui concerne notamment son isolation.**

**QUESTION N°05:**

Donnez les conditions atmosphérique normalisé pour un diélectrique d'isolation auto-régénération

- **température ambiante : 20 °C**
- **pression atmosphérique:1013 mbar (760 mm Hg) ;**
- **humidité: 11 g d'eau par m<sup>3</sup>.**

**Solution Examen**

**Propagation des ondes électriques sur les réseaux d'énergie.**

**QUESTION N°01**

Donnez les équations différentielles de la tension qui définissent le phénomène de propagation des ondes dans les lignes longues (Équation des télégraphistes), et la forme de solution générale.

On a 
$$V(x,t) = Ldx \frac{\partial I(x,t)}{\partial t} + RdxI(x,t) + V(x+dx,t)$$

d'où : 
$$-\frac{V(x+dx,t) - V(x,t)}{dx} = L \frac{\partial I(x,t)}{\partial t} + RI(x,t)$$

c'est à dire : 
$$-\frac{\partial V}{\partial x} = L \frac{\partial I(x,t)}{\partial t} + RI(x,t) \quad (1)$$

et de même : 
$$-\frac{\partial I}{\partial x} = C \frac{\partial V(x,t)}{\partial t} + GV(x,t) \quad (\text{au 1<sup>er</sup> ordre d'approximation}) \quad (2)$$

en dérivant la relation (1) par rapport à x on obtient :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = -L \frac{\partial^2 I(x,t)}{\partial t \partial x} - R \frac{\partial I(x,t)}{\partial x}$$

d'où en utilisant la relation (2) :

$$\boxed{\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = LC \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} + (RC + LG) \frac{\partial V}{\partial t} + RG V} \quad (\text{Équation des télégraphistes})$$

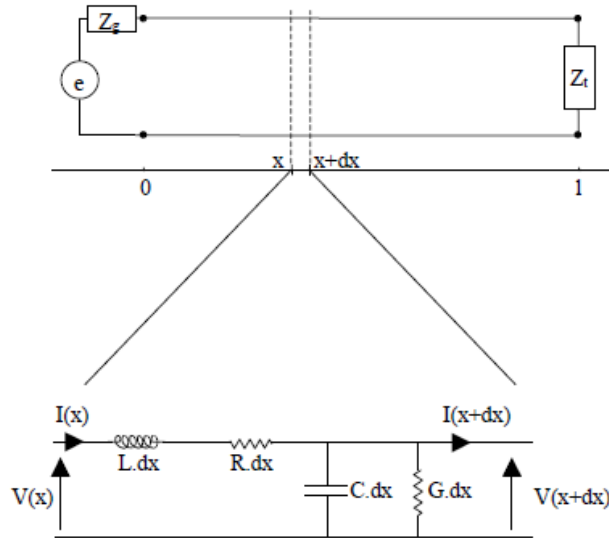
On démontre de la même manière que :

$$\boxed{\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = LC \frac{\partial^2 I}{\partial t^2} + (RC + LG) \frac{\partial I}{\partial t} + RG I}$$

---

**QUESTION N°02:**

Donnez le schéma de modélisation des lignes longue, expliquer ces éléments.



$L$  en H/m,  $C$  en F/m,  $R$  en  $\Omega/m$ ,  $G$  en  $\Omega^{-1}/m$   
La ligne ci contre, de longueur  $l$  est donc découpée en éléments de longueur  $dx$  modélisés par des quadripôles constitués de 4 composants. L'inductance  $L.dx$  représente les effets magnétiques liés au passage du courant dans les conducteurs, la capacité  $C.dx$  modélise le condensateur composé des 2 conducteurs portés à des potentiels différents, la résistance  $R.dx$  représente les pertes par effet joule dans les conducteurs et enfin la conductance  $G.dx$  les pertes diélectriques.  $L$ ,  $C$ ,  $R$ ,  $G$  sont définis par unité de longueur et sont caractéristiques de la ligne.

**QUESTION N°03:**

A partir de quand faut-il tenir compte de phénomène de Propagation des Ondes

On doit tenir compte de ce phénomène dès que la tension est suffisamment non uniforme le long d'une ligne. Analysons quelques exemples.

i) Réseau EDF

$$f=50\text{Hz} \Rightarrow \lambda=c/f= 6000\text{km}$$

Dans ce cas la longueur d'onde est toujours beaucoup plus grande que la longueur des lignes utilisées dans le réseau électrique et on peut considérer que la tension est toujours uniforme. Il est donc inutile d'introduire la notion de propagation sur le réseau EDF.

**QUESTION N°04:**

Définir la constante de propagation complexe et l'impédance caractéristique de la ligne électrique



$\gamma$  est appelée la **constante de propagation complexe**,  $\alpha$  est la **constante d'atténuation** et  $\beta$  est la **constante de propagation**.

Ces ondes se propagent avec une vitesse de phase  $v_\varphi$  : 
$$v_\varphi = \frac{\omega}{\beta}$$

$Z_0$ , quant à elle, est appelée **impédance caractéristique** de la ligne. Elle ne dépend que des caractéristiques électriques de la ligne. Elle est complexe dans le cas général d'une ligne avec pertes et varie avec la fréquence.

**QUESTION N°05:**

Définir le coefficient de réflexion des onde de tension qui se propagent sur la ligne électrique

Afin de quantifier cette réflexion, on peut définir le coefficient de réflexion comme étant l'amplitude complexe de l'onde réfléchie rapportée à celle de l'onde incidente :

$$\Gamma = \frac{V_{\text{réfléchié}}}{V_{\text{incidente}}}$$

Ce coefficient de réflexion dépend bien sur de la position sur la ligne.

$$\Gamma(x) = \frac{V_2 e^{\gamma x}}{V_1 e^{-\gamma x}} \quad \text{c'est-à-dire} \quad \Gamma(x) = \frac{V_2}{V_1} e^{2\gamma x}$$