

CONTRÔLE ECRIT DU SYSTEME A LA FONCTION

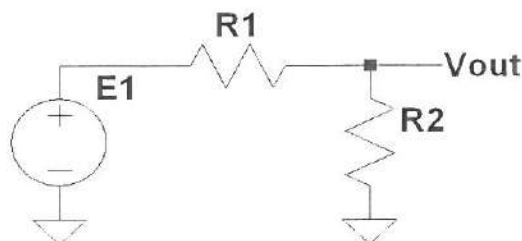
Durée : 1h

Documents et calculatrices interdits

Il n'y a jamais de longs développements de calculs.
Tous les calculs / raisonnements doivent être justifiés.
Pensez à porter un regard critique sur la pertinence de vos résultats.

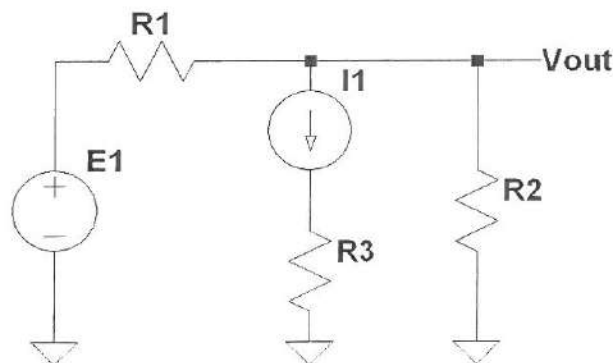
1. Transformation de réseaux linéaires (5 points)

Transformez le schéma suivant en un générateur de Thévenin équivalent dont vous calculerez les paramètres :



Note : = masse

Faites de même avec le schéma suivant :



(conseil : les ressemblances entre les deux schémas ne vous auront pas échappé)

2. Questions diverses (6 points)

- 2.1 : Pourquoi les lignes de télégraphe ne comportaient-elles qu'un seul fil :
- quel est l'avantage d'avoir un seul fil ?
 - comment fonctionne alors la transmission ? (comment circule le courant électrique ?)
- 2.2 : Pourquoi les lignes de téléphone comportent-elles deux fils ? Expliquer notamment comment ces fils peuvent être disposés pour de meilleures performances.
- 2.3 : Quelles sont les deux types de pertes de puissance dans une ligne de transmission ? Dessiner un modèle électrique (sous forme d'un quadripôle) d'une ligne de transmission qui modélise ces pertes, et expliquer quel composant modélise quel type de perte.

3. Etude d'une transmission (9 points)

Considérons une ligne de transmission de données dont chaque tronçon de 10km atténue la puissance d'un facteur 2. Un émetteur placé à une extrémité de la ligne injecte un signal de 1mW (10^{-3} W) est injecté sur cette ligne. La ligne mesure 100km.

- 3.1 : Dessiner un schéma électrique (c'est-à-dire, avec des composants) de la transmission en représentant l'émetteur, le récepteur, le ligne de transmission (utiliser la représentation 'modèle simplifié du quadripôle')
- 3.2 : Quelle est la puissance que reçoit le récepteur ? La puissance minimale requise par le récepteur pour fonctionner correctement est estimée à $100\mu\text{W}$. Cette condition est-elle respectée ?
- 3.3 : Quelle est en dB l'atténuation de la ligne ?

On souhaite rallonger cette ligne de 100km

- 3.4 : Quelle sera alors la puissance reçue par le récepteur et quel sera le problème ?

Pour contrer ce problème, on décide de placer un amplificateur au milieu de la ligne.

- 3.5 : Quel devra être son gain en puissance ($P_{\text{out}}/P_{\text{in}}$) minimum ? Exprimer ce gain sous la forme d'un nombre réel et en dB.
- 3.6 : Quel devra être son gain en tension ($V_{\text{out}}/V_{\text{in}}$) minimum ? Exprimer ce gain sous la forme d'un nombre réel et en dB.

(note : pour vous aider, il vous est suggéré de dessiner un schéma avec les éléments suivants : l'émetteur, la ligne d'origine, la ligne « de rallonge », et le récepteur. Ensuite, à la sortie de chaque élément, vous pouvez indiquer la puissance délivrée à l'élément suivant. Ce schéma ne sera pas noté en lui-même, mais participe aux justifications que vous apporterez)

Rappels calculatoires :

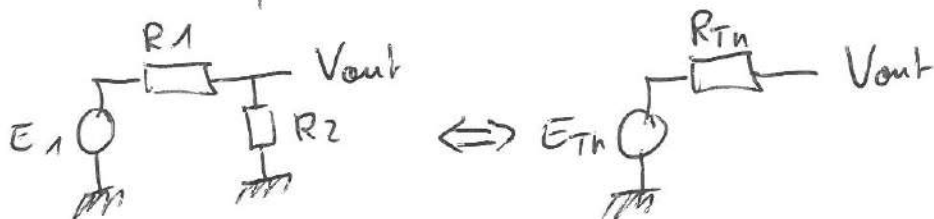
- 2 puissance 10 = 1024
- $\log_{10}(1) = 0$
- $\log_{10}(2) \approx 0.3$
- $\log_{10}(4) \approx 0.6$
- $\log_{10}(10) = 1$

Corrigé du contrôle écrit "du système à la fonction"

6 points

I Transformation de réseaux linéaires

Schéma 1: c'est un réseau linéaire, il est donc modélisable par un générateur de Thévenin:



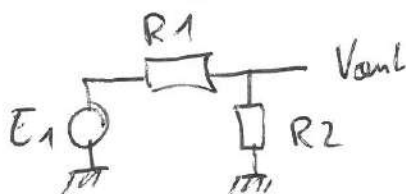
avec :

- E_{Th} = tension de sortie à vide ($= V_{out}$, à vide)

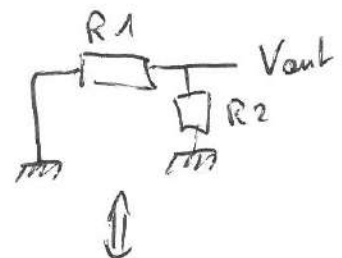
$$E_{Th} = E_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{d'après la règle du pont diviseur de tension})$$

- R_{Th} = impédance équivalente du réseau après avoir éteint les générateurs :

- géné de tension remplacé par 0-2
- géné de courant remplacé par circuit ouvert



devient alors



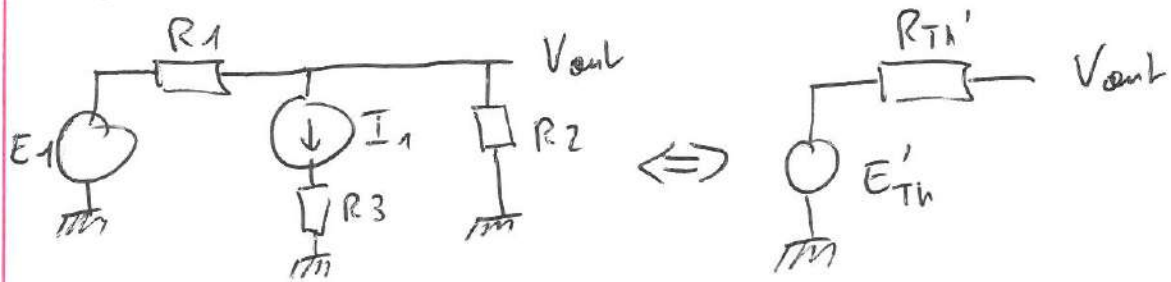
$$R_{Th} = R_1 // R_2$$

$$R_{Th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

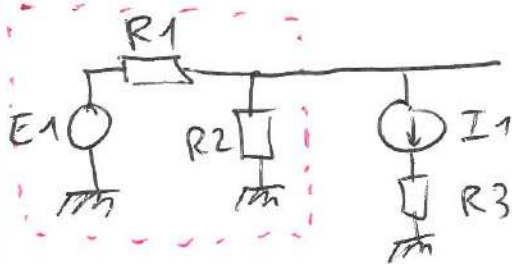
1.5

(1)

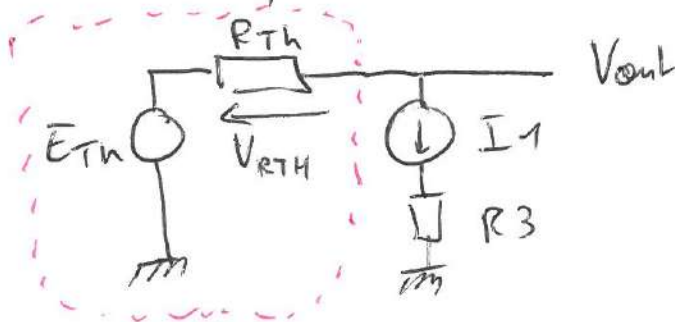
Schéma 2 : il est également modélisable par un générateur de Thévenin (car c'est un réseau linéaire)



Or, ce schéma est équivalent au schéma suivant :



Soit, équivalent au schéma suivant :



• E'_{Th} = tension à vide ($= V_{out}$)

$$E'_{Th} = E_{Th} - V_{R_{Th}}$$

d'où d'abm : $V_{R_{Th}} = I_{R_{Th}} \cdot R_{Th}$

$$= I_1 \cdot R_{Th} \quad (\text{car } I_{R_{Th}} = I_1 \text{ vu que } V_{out} \text{ est à vide})$$

$$\Rightarrow E'_{Th} = E_{Th} - I_1 \cdot R_{Th}$$

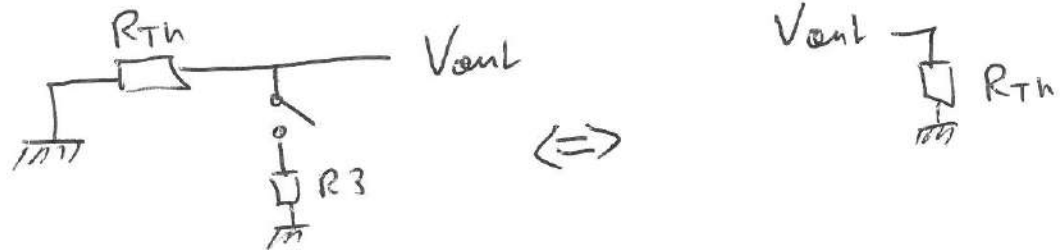
$$E'_{Th} = E_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_1 \cdot R_1 // R_2$$

2/

(2)

- R'_{Th} = impédance du réseau après avoir éteint les générateurs

Générateurs coupés, le schéma devient:

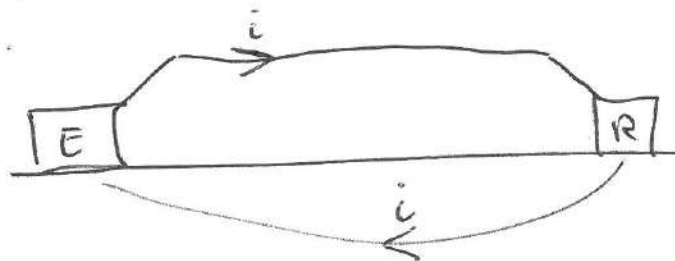


$$R'_{Th} = R_{Th} = R_1 // R_2$$

II Questions diverses

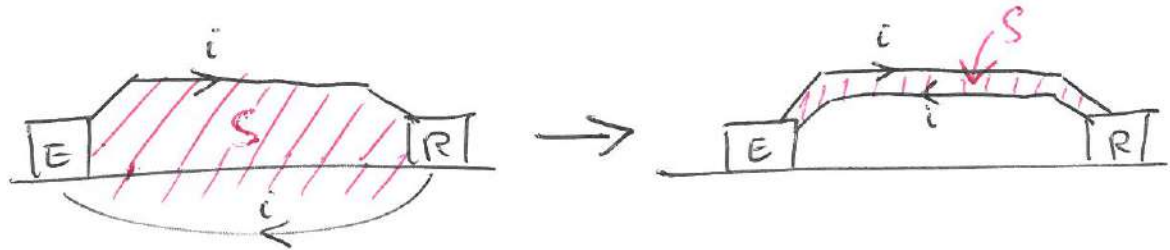
2.1 - Un seul fil permettrait d'économiser sur le coût des matières, d'installation, d'entretien, etc...

- Le courant circule de l'émetteur au récepteur par le fil, puis revient par la terre qui est suffisamment conductrice.

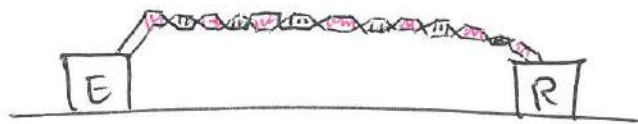


2.2 Avec un seul fil, le circuit forme une boucle de surface importante. Ainsi, les champs magnétiques présents dans l'environnement peuvent générer des courants parasites importants (Φ_{Th} de Gauss).

En téléphonie, contrairement au télégraphe, les parasites sont gênants car ils peuvent être entendus. Ainsi, pour limiter le bruit, on a rajouté un second fil au téléphone pour limiter la surface de boucle:



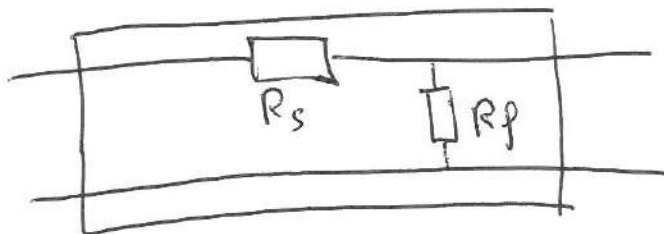
Cela s'appelle une paire différentielle. Pour plus d'efficacité, elle peut être torsadée. Ainsi, l'orientation des surfaces successives est opposée, et les courants parasites se compensent :



(2.3) Les pertes de puissance sont de deux natures:

- 1/
- pertes par effet Joule : un courant circulant sur la ligne génère une puissance $P = RI^2$. Sur une ligne très longue, R n'est plus négligeable
 - 1/ - pertes par fuites de courant dans l'isolant.

On modélise ces pertes de la façon suivante:

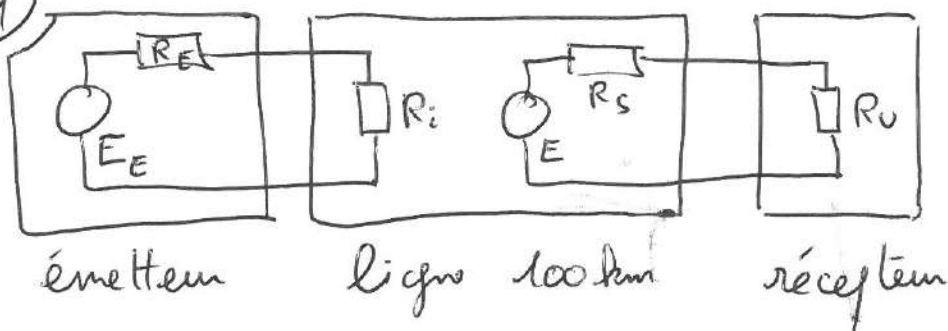


R_s : résistance série de la ligne (ou résistance de ligne), produisant l'effet Joule ($0,12\Omega$ à $1k\Omega$)

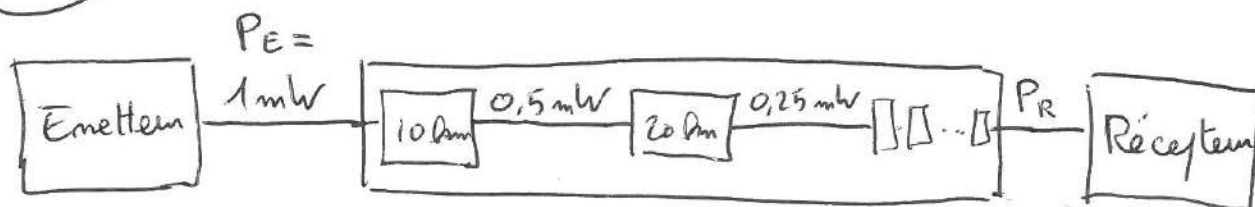
R_p : résistance modélisant les fuites d'électrons dans l'isolant (de $10k\Omega$ à $100M\Omega$ environ)

III Etude d'une transmission

3.1



3.2



la puissance P_E est atténuée par 2, dix fois, soit
par $2 \times 2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^{10} = 1024$

$$\Rightarrow P_R = \frac{P_E}{2^{10}} = \frac{P_E}{1024} \approx \frac{1mW}{1000}$$

$$P_R \approx 1\mu W \quad (=10^{-6}W) < 100\mu W$$

(5)

3.3 La ligne atténue la puissance d'un facteur 1000 environ.

En dB, l'atténuation est donc égale à :

$$\begin{aligned} A_{dB} &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_R}{P_E} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{1000} \right) \\ &= -10 \log_{10}(1000) = -10 \log_{10}(10 \times 10 \times 10) \\ &= -10 (\log(10) + \log(10) + \log(10)) = -10 \times 3 \end{aligned}$$

$$\underline{A_{dB} = -30 \text{ dB}}$$

On a donc une atténuation de -30 dB

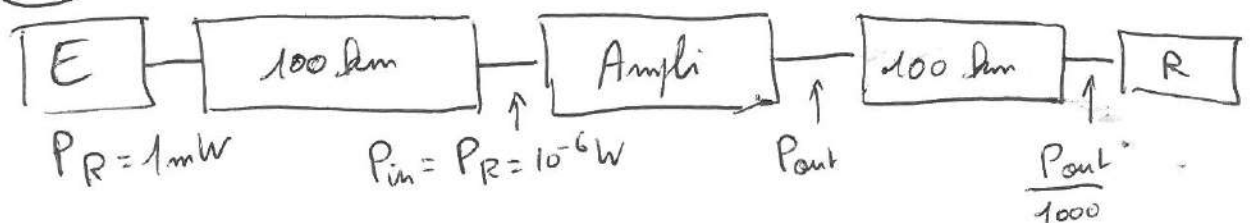
3.4 Si on rajoute 100 km, on va atténuer la puissance encore une fois par 1024.

$$P'_R = \frac{\frac{P_E}{1024}}{1024} \approx \frac{P_E}{10^6}$$

$$\underline{P'_R \approx 1 \text{ nW}} \quad (= 10^{-9} \text{ W}) < \underline{100 \text{ }\mu\text{W}}$$

La puissance reçue par le récepteur est bien trop faible pour lui permettre de fonctionner correctement

3.5



⑥

$$\text{Soit } \text{Gain}_{\text{Ampli}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

α 'ampli doit amplifier suffisamment pour que

$$P_R = P_E \times \frac{1}{1024} \times \frac{1}{1024} \times \text{Gain}_{\text{Ampli}} > 100 \mu\text{W}$$

$$\frac{P_E}{10^6} \cdot \text{Gain}_{\text{Ampli}} > 100 \mu\text{W}$$

$$\text{Gain}_{\text{Ampli}} > 100 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{10^{+6}}{1 \text{ mW}}$$

$$\text{Gain}_{\text{Ampli}} > 100 \cdot 10^3 = 10^5$$

$$\boxed{\text{Gain}_{\text{Ampli}} > 10^5}$$

En dB, cela donne :

$$\text{Gain}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} (\text{Gain}_{\text{Ampli}})$$

$$= 10 \log_{10} (10^5)$$

$$= 10 \times 5$$

$$\boxed{\text{Gain}_{\text{dB}} = 50 \text{ dB}}$$

3.6 On sait que $P = U^2/R$

$$\text{Donc : pour cet ampli, } \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{U_{\text{out}}^2 / R_{\text{out}}}{U_{\text{in}}^2 / R_{\text{in}}}$$

• Considérons $R_{\text{out}} = R_{\text{in}}$

$$\text{• Soit } \text{Gain}_{\text{Tension}} = \frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}}$$

On a alors : $\frac{P_{out}}{P_{in}} = \left(\frac{U_{out}}{U_{in}} \right)^2$

$$\text{Gain}_{\text{Ampli}} = \text{Gain}_{\text{Tension}}^2$$

$$\text{Gain}_{\text{Tension}} = \sqrt{\text{Gain}_{\text{Ampli}}}$$

$$\text{Gain}_{\text{Tension}} = \sqrt{10^5} \approx 316$$

En dB, cela donne : ↑ car on calcule des dB de tensions

$$\text{Gain}_{\text{Tension}}(\text{dB}) = 20 \log_{10}(\text{Gain}_{\text{Tension}})$$

$$= 20 \log_{10}(\sqrt{10^5})$$

$$= 10 \log_{10}((\sqrt{10^5})^2)$$

$$= 10 \log_{10}(10^5)$$

$$\text{Gain}_{\text{Tension}}(\text{dB}) = 50 \text{ dB}$$

Le gain en tension et le gain en puissance de l'amplificateur ont la même valeur en dB, ce qui est cohérent avec la définition du décibel.