

## LA SENSIBILITE DES PARAMETRES DES LIGNES ELECTRIQUES AERIENNES

Elena SANDA

Universite Technique de Constructions Bucarest, Roumanie  
e-mail: elena\_sanda@yahoo.fr

L'article presente une étude de l'influence de la variation de la fréquence, de la hauteur de la ligne, du diamètre du conducteur, dans le couplage entre un champ électromagnétique rayonné par un canal de foudre et une ligne aérienne de transmission.

### 1. INTRODUCTION

On considère une ligne de transmission formée d'un long conducteur de rayon  $a$  situé à une hauteur  $h$  au-dessus d'un sol conducteur. Cette ligne est en présence d'un champ électromagnétique non-uniforme d'origine externe, généré par foudre.

Le champ électromagnétique rayonné par le canal de foudre a été modélisé en utilisant la théorie de lignes de transmission (TL).

On a fait l'analyse de sensibilité des paramètres linéiques de la ligne en changeant: la fréquence, la hauteur du conducteur et le diamètre du conducteur.

### 2. EFFET DE LA VARIATION DE LA FRÉQUENCE

L'analyse de sensibilité des paramètres d'une ligne aérienne a été faite en variant spécialement la fréquence. On a fait des études en variant la fréquence de 0 à 10 MHz.

Seulement pour l'analyse de l'influence de la variation de l'hauteur de la ligne de transmission on a retenu trois valeurs distinctes de la fréquence (16 2/3 Hz, 50 Hz, 1 MHz).

### 3. EFFET DE LA VARIATION DE L'HAUTEUR

Pour un conducteur avec un rayon de 10 mm on a étudié la variation du rapport  $|Z_g / Z_w|$  en fonction de la hauteur de la ligne de transmission quand on garde la fréquence constante (ou  $Z_g$  représente l'impédance du sol (*ground*) et  $Z_w$  est l'impédance de surface du conducteur (*wire*)).

Pour la fréquence de 16 2/3 Hz, spécifique au réseau ferroviaire suisse, les graphiques montrent que si la hauteur de la ligne varie de 0 à 10 m, l'impédance du sol enregistre une décroissance par rapport à l'impédance du conducteur de 2,9 à 1,3 fois (fig. 3.1).

Quand la fréquence reste constante à la valeur de 50 Hz le module du rapport impédance du sol - impédance du conducteur varie de 7,5 à 3,3 si la hauteur d'emplacement du conducteur change de 0 à 10 m (fig. 3.2).

Des variations significatives on a trouvé pour la situation dans laquelle la fréquence reste égale à 1 MHz et la hauteur varie de 0 à 10 m : le rapport en discussion enregistre fortes changements : de 460 à 30 (fig. 3.2).

La figure 3.4 presente les valeurs obtenus pour le rapport  $\left|Z_g / Z_w\right|$  pour les fréquences de  $16 \frac{2}{3}$  Hz et 50 Hz, pour une comparaison plus facile.

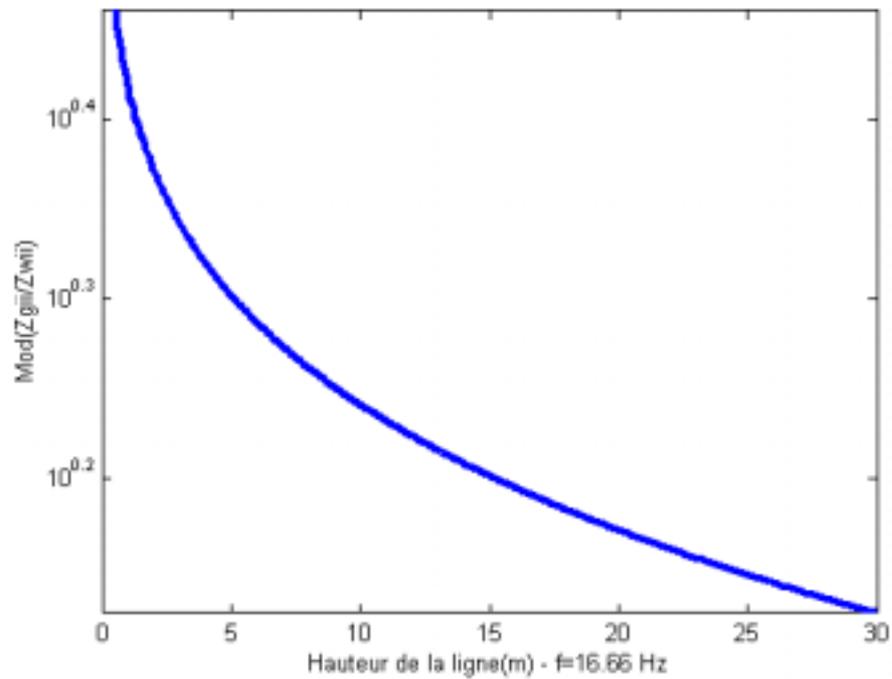


Fig.3.1 La variation du rapport  $\left|Z_g / Z_w\right|$  en fonction de la hauteur de la ligne de transmission quand on garde la fréquence constante  $f = 16 \frac{2}{3}$  Hz

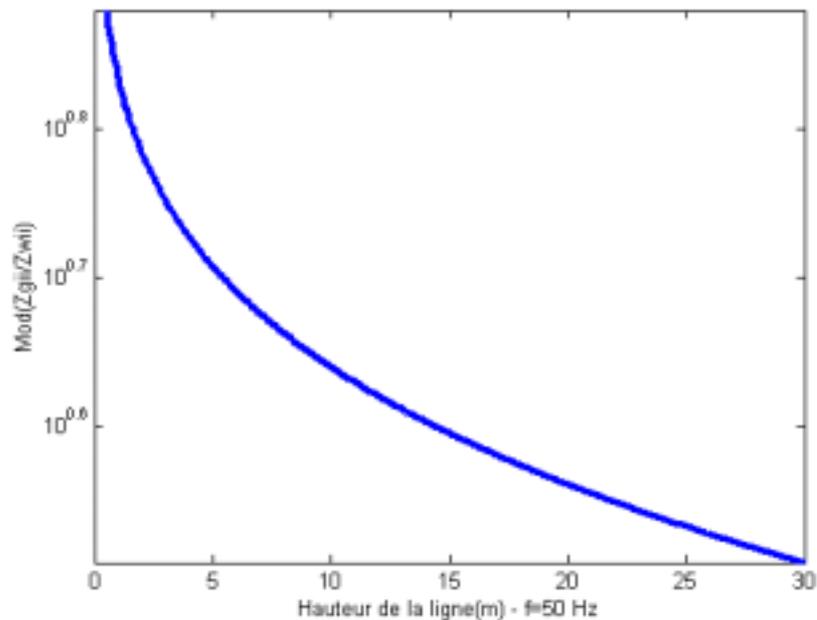


Fig.3.2 La variation du rapport  $\left|Z_g / Z_w\right|$  en fonction de la hauteur de la ligne de transmission quand on garde la fréquence constante  $f = 50$  Hz

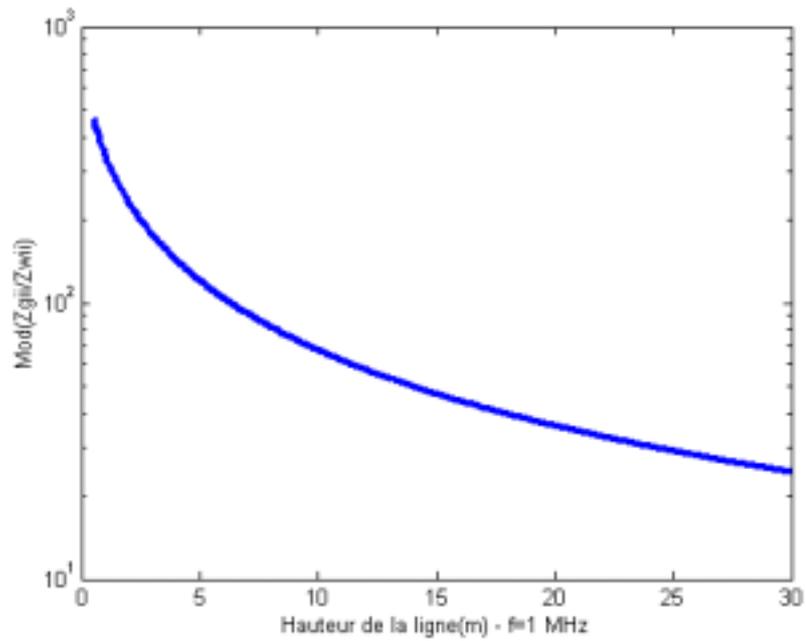


Fig. 3.3 La variation du rapport  $|Z_g / Z_w|$  en fonction de la hauteur de la ligne de transmission quand on garde la fréquence constante  $f = 1$  MHz

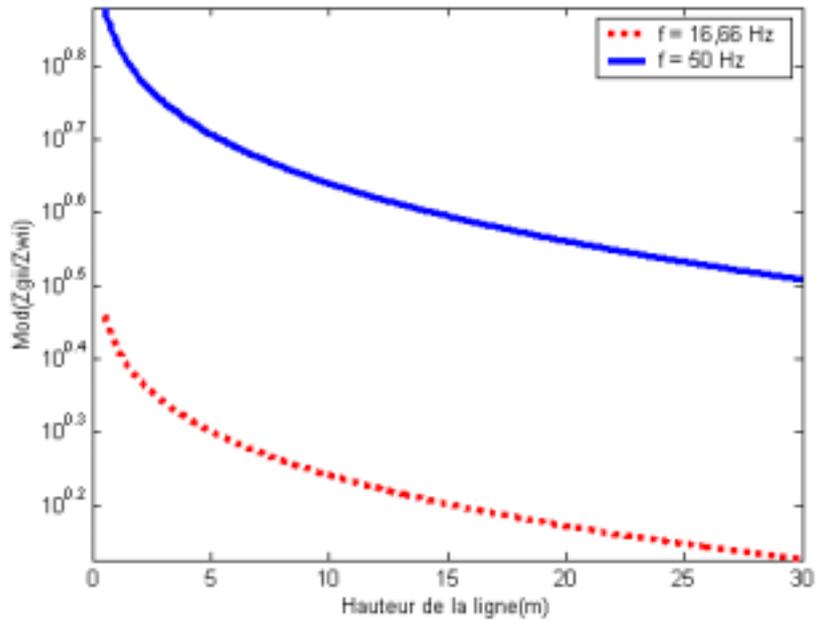


Fig. 3.4 La variation du rapport  $|Z_g / Z_w|$  en fonction de la hauteur de la ligne de transmission quand on garde la fréquence constante  $f = 16 \frac{2}{3}$  Hz et 50 Hz

#### 4. EFFET DE LA VARIATION DU DIAMÈTRE DU CONDUCTEUR

On a étudié la variation de l'impédance du sol en fonction de fréquence quand on change les valeurs du diamètre du conducteur de la ligne.

Pour les fréquences plus haut de 100 Hz on observe une augmentation rapide des valeurs de l'impédance du sol pour un rayon de 10 mm, tandis que pour le rayon de 50 mm l'augmentation commence après 10 000 Hz.

Il faut remarquer le fait que plus la valeur du diamètre du conducteur augmente, plus l'importance de l'impédance du sol et du conducteur change entre eux même.

On observe aussi que les valeurs de l'impédance du sol devient très importante quand le diamètre et la fréquence augmentent.

Si on fait une analyse des rapports  $|Z_g/j\omega L'|$  et  $|Z_w/j\omega L'|$  on trouve des situations très différentes, où  $L'$  est l'inductance linéique externe de la ligne :

- pour le rayon de 1 mm du conducteur, pour des fréquences moins de 1 kHz, l'impédance de la ligne est plus importante que l'impédance du sol. Après cette valeur le rapport  $|Z_g/j\omega L'|$  est 10 fois plus grand que l'autre, de la ligne (fig. 4.1);
- pour le rayon de 10 mm du conducteur, pour des fréquences très bas (jusqu'à 10 Hz) l'impédance de la ligne est plus importante que l'impédance du sol. Après cette valeur le rapport  $|Z_g/j\omega L'|$  augmente très vite et devient à partir d'une fréquence de presque 10 kHz 100 fois plus grand que l'impédance de la ligne, qui peut être négliger (fig. 4.2);
- pour le rayon de 50 mm du conducteur, les valeurs du rapport  $|Z_g/j\omega L'|$  restent toujours plus grande que du rapport  $|Z_w/j\omega L'|$  (fig. 4.3).

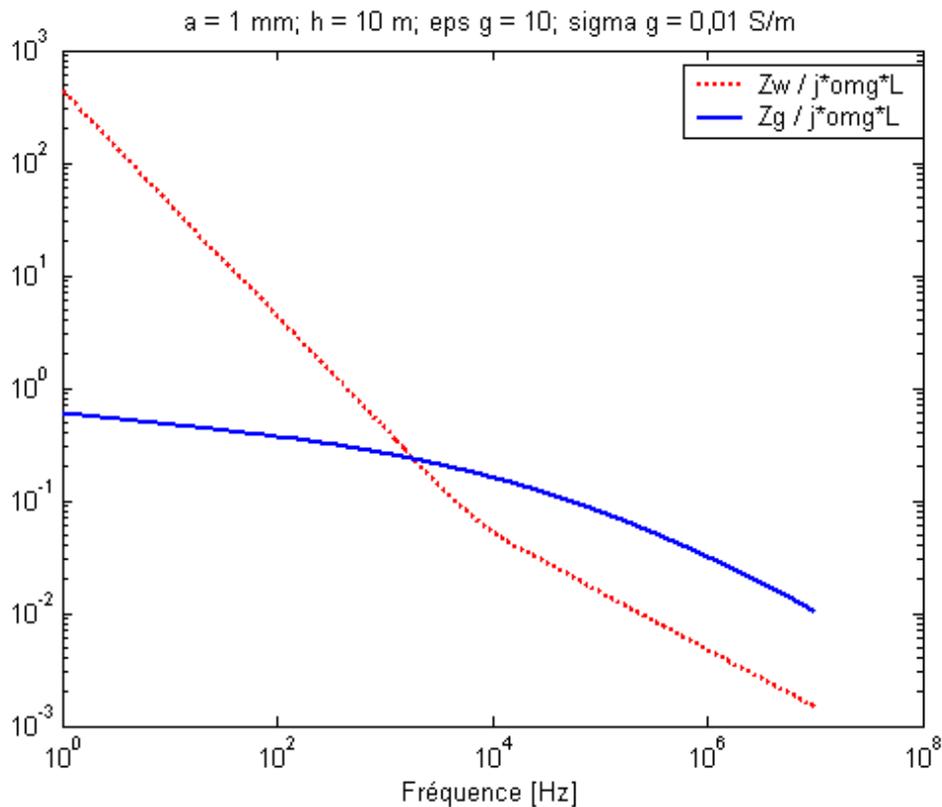


Fig. 4.1 La variation des rapports  $|Z_g/j\omega L'|$  et  $|Z_w/j\omega L'|$  en fonction de la hauteur de la fréquence quand on garde le rayon du conducteur constant a = 1 mm

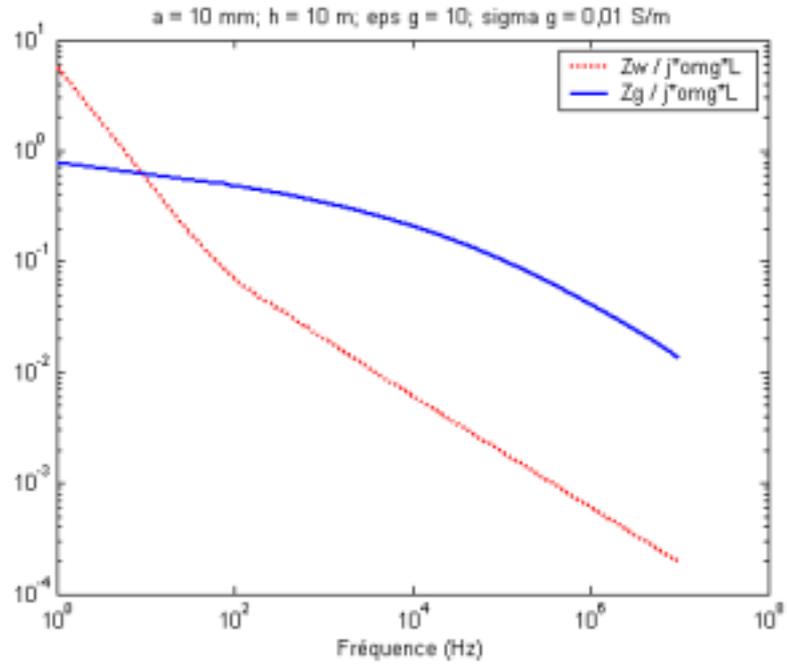


Fig. 4.2 La variation des rapports  $|Z_g/j\omega L'|$  et  $|Z_w/j\omega L'|$  en fonction de la hauteur de la fréquence quand on garde le rayon du conducteur constant  $a = 10$  mm

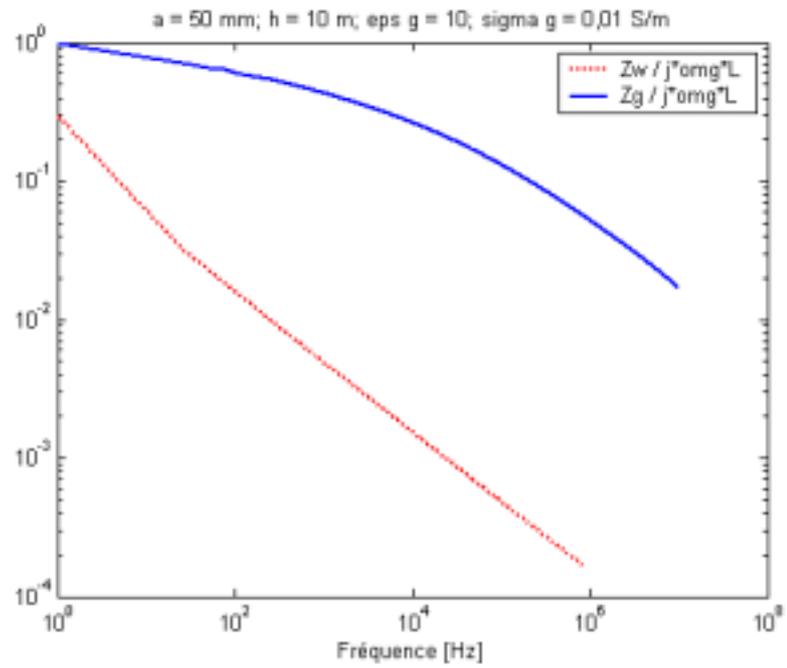


Fig. 4.3 La variation des rapports  $|Z_g/j\omega L'|$  et  $|Z_w/j\omega L'|$  en fonction de la hauteur de la fréquence quand on garde le rayon du conducteur constant  $a = 50$  mm

## 5. CONCLUSIONS

On a analysé l'importance de chaque paramètre dans le mécanisme de couplage entre le champ électromagnétique généré par la foudre et une ligne électrique aérienne.

On a obtenu de variations significatives des paramètres linéiques pour les situations suivantes :

- Quand on varie la hauteur de la ligne de transmission de 0 à 10 m et on garde la fréquence constante à 1 MHz, on trouve que le rapport impédance du sol - impédance du conducteur enregistre des forts changements : de 460 à 30 ;
- Pour le rayon de 1 mm du conducteur, pour des fréquences moins de 1 kHz, l'impédance de la ligne est plus importante que l'impédance du sol. Après cette valeur le rapport  $|Z_g/j\omega L'|$  est 10 fois plus grand que l'autre, de la ligne
- Quand on varie le diamètre du conducteur de la ligne, pour les fréquences plus haut de 100 Hz on observe une augmentation rapide des valeurs de l'impédance du sol pour un rayon de 10 mm, tandis que pour le rayon de 50 mm l'augmentation commence après 10 000 Hz ;

## REFERENCES

1. IANOZ, M., NUCCI, C. A., TESCHE, F. M., *Transmission line theory for field-to- transmission line coupling calculations*, Electromagnetics, vol. **8**, no 2-4, pp. 171-211, 1988.
2. NUCCI, C. A., MAZZETTI, C., RACHIDI, F., IANOZ, M., *On lightning return stroke models for LEMP calculations*, Proc. 19th International Conference on Lightning Protection, Graz, 1988.
3. NUCCI, C. A., DIENDORFER, G., UMAN, M. A., RACHIDI, F., IANOZ, M., MAZZETTI, C., *Lightning return stroke current models with specified channel-base current: a review and comparison*, Journal of Geophysical Research, vol. **95**, pp. 811-828, 1990
4. DRĂGAN, Gleb, *Tehnica tensiunilor înalte*, Editura Tehnică, vol. **I**, pg. 310-325, 1996

Reçu Juillet 05, 2005