

# ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ** : ΑΝΔΡΙΤΣΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
**ΟΝΟΜΑ ΠΑΤΕΡΑ** : ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
**ΟΝΟΜΑ ΜΗΤΕΡΑΣ** : ΦΩΤΕΙΝΗ  
**ΙΔΙΟΤΗΤΑ** : ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΣΕ ΠΡΟΣΩΠΟΠΑΓΗ ΘΕΣΗ  
**ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ** : ΚΟΥΜΟΥΝΔΟΥΡΟΥ 86  
**ΠΟΛΗ** : 41222 ΛΑΡΙΣΑ  
**ΤΗΛΕΦΩΝΟ** : (2410)-684.345 & 257.929  
**ΗΜΕΡ.ΓΕΝΝΗΣΗΣ** : 28-05-1952  
**ΤΟΠΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ** : ΒΟΛΟΣ  
**ΑΡΙΘ.ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ** : Π.192909/10-03-1989  
**Email** : andritsos@teilar.gr

## ΕΓΚΥΚΛΙΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ

3ο Δημοτικό Σχολείο Βόλου (1958-1964).  
2ο Γυμνάσιο - Λύκειο Βόλου (1964-1970).

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ

Πτυχιούχος Φυσικός της Φυσικομαθηματικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών (**1971-1976**).

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ (D.E.A)

Στην Ηλεκτρονική, κατεύθυνση Επικοινωνίες - Μικροκύματα και Οπτική (**1976-1978**) από το Πανεπιστήμιο της Limoges - Γαλλίας.

## ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ (DOCTORAT DE TROISIEME CYCLE)

Διδακτορικό στην Ηλεκτρονική, κατεύθυνση Επικοινωνίες, Μικροκύματα και Οπτική (**1978-1981**) από το Πανεπιστήμιο της Limoges – Γαλλίας. Θέμα διδακτορικής διατριβής: **Διάδοση του ρυθμού  $TE_{11}$  μέσα σε ένα καμπύλο κυκλικό κυματοδηγό (Propagation du mode  $TE_{11}$  dans un guide circulaire courbe)**.

**ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΕΣ ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ** : (1981-1983)

## ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

[1]. Αναπληρωτής Καθηγητής σε προσωποπαγή θέση του Τμήματος Ηλεκτρολογίας της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του ΤΕΙ/Λάρισας από τον Μάιο του **1984** μέχρι και σήμερα σε θέση Ηλεκτρονικού με αντικείμενο Ηλεκτρονικά Ισχύος, Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά και Η/Υ.

[2]. Υπεύθυνος του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Ισχύος και Βιομηχανικών Ηλεκτρονικών.

[3]. Μόνιμος συνεργάτης του παραρτήματος του ΕΛΚΕΠΑ ΒΟΛΟΥ και ΛΑΡΙΣΑΣ καθώς και άλλων φορέων (ΔΗΜΗΤΡΑ, ΕΥΡΩΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ, ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ, ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ ΛΑΡΙΣΑΣ κλπ.) με αντικείμενο την εκπαίδευση και την κατάρτιση σε θέματα Σύγχρονης Βιομηχανικής Τεχνολογίας (Ηλεκτρονικά Ισχύος και Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά) καθώς και θέματα Πληροφορικής Τεχνολογίας (Γλώσσες Προγραμματισμού, Βάσεις Δεδομένων, Δίκτυα Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Επεξεργασία εικόνας κλπ).

### **ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΤΟ ΤΕΙ ΛΑΡΙΣΑΣ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ**

[1]. Προϊστάμενος του τμήματος Ηλεκτρολογίας (**1997-2000**).

[2]. Μέλος της επιτροπής ερευνών από **02-11-1995** μέχρι **09-11-2001** ως εκλεγμένος εκπρόσωπος του τμήματος Ηλεκτρολογίας καθώς και εκλεγμένο μέλος του Ειδικού Οργάνου της Επιτροπής Ερευνών.

[3]. Υπεύθυνος του έργου με τίτλο «Κέντρο Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης Πτυχιούχων Κεντρικής Ελλάδος» της ενέργειας 3.4.γ «Προγράμματα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης» του 1<sup>ου</sup> ΕΠΕΑΕΚ από τον **Φεβρουάριο του 1998** μέχρι τον **Ιούνιο του 2000**, στα πλαίσια του οποίου υλοποιήθηκαν 26 μη αμειβόμενα εκπαιδευτικά προγράμματα αρχικής και συμπληρωματικής εκπαίδευσης σε διάφορους τομείς για εργαζόμενους και αποφοίτους ΤΕΙ/ΑΕΙ.

[4]. Συμμετοχή στο πρόγραμμα αναβάθμισης του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρολογίας το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το 1<sup>ο</sup> ΕΠΕΑΕΚ.

[5]. Συμμετοχή στο πρόγραμμα αξιολόγησης του Τμήματος Ηλεκτρολογίας το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το 1<sup>ο</sup> ΕΠΕΑΕΚ

### **ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ**

Από το **1992** άμισθος συνεργάτης της εταιρείας Παραγωγής Λογισμικού Modular Software με στόχο :

[1]. Την σύνταξη ολοκληρωμένων μελετών σκοπιμότητας.

[2]. Την ανάλυση και σχεδίαση μηχανογραφικών εφαρμογών.

[3]. Την υλοποίηση πρωτοποριακού Λογισμικού για την μηχανογράφηση Ιδιωτικών Ιατρείων, Οδοντιατρείων, Ιατρικών Διαγνωστικών Κέντρων και Οδοντιατρικών Κέντρων, Ιδιωτικών και Νοσοκομειακών Κλινικών.

[4]. Την εκπόνηση και υλοποίηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων σε θέματα πληροφορικής.

## **ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΗΤΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ**

[1]. **C. FRAY, I. ANDRITSOS, A. PAPIERNIK** : "Additional losses and time delay fluctuations of TE<sub>11</sub> modes in curved circular waveguides - Application to feeder antennas". Electronics letters, May 1981, vol.17, No.11, pp.362-364.

[2]. **C. FRAY, I. ANDRITSOS, A. PAPIERNIK** : "Excess loss of TE<sub>11</sub> modes in curved circular waveguide". IEE conf. publ. 195, 1981, pp.525-529.

[3]. **I. ANDRITSOS, C. FRAY, A. PAPIERNIK** : "Cross polar discrimination between the fundamental modes of curved circular waveguides - Application to feeder antennas". 7th colloquium on microwave communication, Budapest 6-10th September 1982.

[4]. **I. ANDRITSOS** : "Propagation du mode TE<sub>11</sub> dans un guide circulaire courbe". Rapport de stage du D.E.A, Novembre 1978.

[5]. **I. ANDRITSOS** : "Propagation du mode TE<sub>11</sub> dans un guide circulaire courbe". These de 3eme cycle, Fevrier 1981, Universite de Limoges France.

[6]. **I. Ανδρίτσος** : Ηλεκτρονικά Ισχύος. Για τους σπουδαστές του 4ου εξαμήνου του τμήματος Ηλεκτρολογίας.

[7]. **I. Ανδρίτσος** : Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρονικών Ισχύος. Για τους σπουδαστές του 4ου εξαμήνου του τμήματος Ηλεκτρολογίας..

[8]. **I. Ανδρίτσος** : Φροντιστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρονικών Ισχύος Για τους σπουδαστές του 4ου εξαμήνου του τμήματος Ηλεκτρολογίας.

[9]. **I. Ανδρίτσος** : Οργάνωση και διαχείριση Αρχείων - Δομές Δεδομένων. Για τους σπουδαστές του 4ου εξαμήνου του τμήματος Ηλεκτρολογίας.

[10]. **I. Ανδρίτσος - Γ. Σούλτης** : Ολοκληρωμένες εφαρμογές αρχείων σε γλώσσα BASIC για IBM/PC/XT & συμβατούς (1987). Βιβλίο που εκδόθηκε στο ελεύθερο εμπόριο και διανέμονταν από την εταιρεία Κλειδάριθμος.

[11]. **I. Ανδρίτσος** : Στοιχεία Αριθμητικής Ανάλυσης, Σχεδιασμός Προγραμμάτων και Εφαρμογές - Αλγόριθμοι. Για τους σπουδαστές του 4ου εξαμήνου του τμήματος Ηλεκτρολογίας.

## **ΞΕΝΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ**

**ΓΑΛΛΙΚΑ** : Πολύ καλά.

**ΑΓΓΛΙΚΑ** : Αρκετά καλά.

ΑΡΙΘ. ΠΡΩΤ. 13943



Ἀτελῶς ἀπόφ. Ὑπουργ. Παιδείας 141975/63  
Δρχ. 100, ἀριθ. διπλ. 977

ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΤΟΣ 139 ον

ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΑΝΑΡΤΗΣΟΣ  
ΕΚ ΒΟΛΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ ΟΡΘΩΜΕΝΟΣ

ΠΕΡΙ ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ

ΕΝ ΤΩ, ΑΘΗΝΗΣΙ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΩ,

Σ Π Ο Υ Δ Α Σ Α Σ

ΚΑΙ ΜΕΤ' ΑΚΡΙΒΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΝ ΑΞΙΩΘΕΙΣ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ

" Κ Α Λ Ω Σ "

ΕΙΣ ΤΟΥΣ ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΥΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΕΝΕΚΡΙΘΗ

ΕΒΔΟΜΗΚΟΣΤΩ,

ΕΤΕΙ ΕΚΤΩ, ΚΑΙ ~~ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΩ~~ ΚΑΙ ΕΝΑΚΟΣΙΟΣΤΩ, ΚΑΙ ΧΙΛΙΟΣΤΩ,

ΜΗΝΟΣ ΙΟΥΛΙΟΥ ΤΡΙΤΗ, ΚΑΙ ΔΕΚΑΤΗ,

ΕΓΕΝΕΤΟ ΤΟΔΕ ΜΗΝΟΣ ΙΟΥΛΙΟΥ 20<sup>η</sup> ΕΤΕΙ 1976

Ο ΠΡΥΤΑΝΙΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Γ. ΜΗΡΣΟΠΟΥΛΟΣ

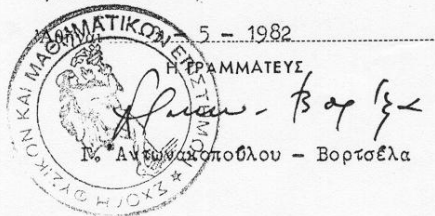
Ο ΚΟΣΜΗΤΩΡ

Θ. Ν. ΚΑΚΟΥΛΛΟΣ

Ἀριθ. Πρωτ. 3139

Ἀκριβές ἀντίγραφο ἐκ τοῦ εἰς τὸ Ἀρχεῖο  
πρωτοτύπου.

Ἡ ΓΡΑΜΜΑΤΕΥΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ  
Π. Φ. ΤΣΙΤΟΣ



Ὑπόδ. Β/2/ΦΥΣ.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ  
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΕΩΣ ΤΙΤΛΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΤΗΣ ΑΛΛΟΔΑΠΗΣ (ΔΙ.Κ.Α.Τ.Σ.Α.)

Αθήνα ,...22-1-1982  
Αριθμ. Πρωτ...4333/81.....

Β Ε Β Α Ι Ω Σ Η

Βεβαιώνεται ότι το Διοικητικό Συμβούλιο του Διαπανεπιστημιακού Κέντρου Αναγνώρισεως Τίτλων Σπουδών της Αλλοδαπής, στη Συνεδρία του της ..22-1-82..., ύστερα από σχετική εισήγηση της κατά νόμο αρμόδιας Τριμελούς Έπιτροπής, αποφάσισε ότι ο κ. .... ΑΝΔΡΙΤΣΟΣ ..... Γεωργίου του Γεωργίου ..... Πτυχιούχος των Φυσικών Έπιστημών του Έθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών ..... είναι κάτοχος και του Μεταπτυχιακού Τίτλου Σπουδών D.E.A. στις Έπιχειρήσεις, Μικροκύματα & Όπτικά... (ήμερομηνία λήψεως... Ιούλιος 78) του UNIVERSITE DE LIMOGES - U.E.R. DES SCIENCES.....

.....

το όποιο είναι όμοταγές με τα Έλληνικά Ανώτατα Έκπαιδευτικά Ίδρύματα.

Ο Πρόεδρος

του Διοικητικού Συμβουλίου



Παναγιώτης Ρεντζεπέρης

Καθηγητής Παν/μίου Θεσσαλονίκης

UNIVERSITE de LIMOGES  
U. E. R. des SCIENCES

Le Directeur de l'U. E. R. des Sciences, soussigné,  
certifie que :

Monsieur ANDRITSOS Ioannis .....  
né ... / ... le ... 28 Mai 1952 ..... à ... VOLOS (Grèce) .....

a obtenu devant la dite U. E. R. :  
une thèse de 3ème Cycle d'Electronique, Mention Communications Microondes et Optiques,  
le 6 Février 1981 sur le sujet suivant : "Propagation du mode TE<sub>11</sub> dans un guide circulaire  
courbe".  
Le jury lui a attribué la Mention Très Honorable avec félicitations.  
Il obtient le titre de Docteur de 3ème Cycle.-

A Limoges le ... 10 Février ..... 1981



Directeur

J. L. TEYSSIER

NOTA - Il ne peut être délivré qu'une seule attestation.  
Les copies éventuelles pourront être certifiées conforme par le  
Commissaire de Police ou par le Maire de votre Commune.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ  
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΕΩΣ ΤΙΤΛΩΝ ΣΠ. ΥΠΩΝ.  
ΤΗΣ ΑΛΛΟΔΑΠΗΣ (Δ.Ι.Κ.Α.Τ.Σ.Α.)

Αθήνα... 22.11.1982  
Αριθμ. Πρωτ... 4333/81

Σ Ε Β Α Ι Ω Σ Η

Τό Διοικητικό Συμβούλιο του Διαπανεπιστημιακού Κέντρου Αναγνώρισεως Τίτλων Σπουδών της Αλλοδαπής, στη Συνεδρία του της 22.11.82, αναγνώρισε τό Διδακτορικό Δίπλωμα Τρίτου Κύκλου (DOCTORAT DE 3/EME CYCLE) (Λίμα. Λίμας: 6-2-81) στην Ηλεκτρονική - Επικοινωνίες, Μικροκύματα και Οπτικά του UNIVERSITE DE LIMOGES - U.E.R. DES SCIENCES

του κ. ΑΝΔΡΙΤΣΟΥ Ιωάννη του Γεωργίου πτυχιούχου των Φυσικών Επιστημών του Εθν. & Καποδιστρ. Παν/μίου Αθηνών ως ισότιμο μέ τό άπονεμόμενα από τό Έλληνικά Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ίδρύματα, στις έξης περιπτώσεις:

- α). Για διορισμό ή εξέλιξη επαγγελματική εκτός των Α.Ε.Ι.
- β). Για διορισμό, εξέλιξη και μονιμοποίηση στα Α.Ε.Ι. ως Έπιμελητών, Είδικών Έπιστημόνων και Διοικητικών Υποαλλήλων.
- γ). Για υποβολή υποψηφιότητας Υψηλητοϋ.

Ο Πρόεδρος

του Διοικητικού Συμβουλίου



*[Handwritten Signature]*

Παναγιώτης Ρεντζεπέρης

Καθηγητής Παν/μίου Θεσσαλονίκης





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ Τ.Ε.Ι.  
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ

Δ/νση Μητροκλέους 15  
Αθήνα  
Τηλέφωνοι 3225-8864

Μ Α Ι "Επιλογή" Ιωάννη Ανδριτσίου"

Έχοντας υπόψη:

Τις διατάξεις α) των άρθρων 32, 33 και 34 του Ν. 576/77 "Περ. Οργα-  
νώσεως και Διοικήσεως της Μέσης και Ανωτέρας Τεχνικής και Επαγ-  
γγελματικής Εκπαίδευσης" και β) του άρθρου 42 του Ν. 1404/83 "Δομή  
και λειτουργία των Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (Τ.Ε.Ι.)"  
12/83 και του άρθρου 23 του Ν. 1404/83 "Δομή και λειτουργία του  
ανώτερης σχολής τεχνολόγων μηχανικών του ΚΑΤΕΕ Λαρίσας"

με την οποία κρήθηκαν οι κατάλληλοι για διερισμό σε θέση καθηγητή  
εργαστηρίων κλάδου 23 της  
ανώτερης σχολής τεχνολόγων μηχανικών του ΚΑΤΕΕ  
Λαρίσας  
12/83 του προκηρύχθηκε με την αριθ. 12/2601/83 απόφαση,

**Αποφασίζουμε**

Εκλεγούμε τον Ιωάννη Ανδριτσιο του Γεωργίου πτυχιούχο των φυσικών επιστημών  
του πανεπιστημίου Αθηνών, για διερισμό σε θέση καθηγητή εργαστηρίων  
κλάδου 23 ειδικότητας ηλεκτρονικού  
ανώτερης σχολής τεχνολόγων  
μηχανικών της Λαρίσας γιατί έχει τα  
παραπάνω προϋποθέσεις του ΚΑΤΕΕ  
και βλέπόμενα από το νόμο τυπικά προσόντα είναι ο δεύτερος πρότείνόμενος και  
πρώτος των δύο πρώτων επειδή κατέχει διδακτορικό δίπλωμα στην ειδικότητα  
που συνεκτιμάται σύμφωνα με το άρθρο 34 παρ. 10 του Ν. 576/77.

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ  
ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΑΠΟΣΤ. ΚΑΚΔΑΜΑΝΗΣ

ΑΚΡΙΒΕΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ  
ΠΡΟΤΙΣΤΑΜΕΝΟΣ

Να διατηρηθεί μέχρι 31.12.2019

Βαθμός Ασφαλείας .....

Αθήνα 17 Μαΐου 1984

Αριθ. Πρωτ. 3049 Βαθμός Προτεραιότητας

Ε.Σ.  
Α Π Ο Φ Α Σ Η



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚ/ΤΩΝ  
 ΕΠΙΧΡΕΜΑΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ Τ.Ε.Ι.  
 ΤΜΗΜΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ

Βαθμός Ασφαλείας .....

Αθήνα ..... 17 Μαΐου ..... 1984

Αριθ. Πρωτ. ..... Ε5/3050 .....  
 Βαθμός Προτεραιότητας .....

Ταχ. Δ/ση: Μητροπόλεως 15  
 Πληροφορίες: *Ιωάννη Λαυράκη*  
 Τηλέφωνα: 3225-834

Α Π Ο Φ Α Σ Η

Θ Ε Μ Α : *Διορισμός* Ιωάννη Λαυράκη

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις α) των άρθρων 32, 33 και 34 του Ν. 576/77 "Περί Οργάνωσης και Διοίκησης της Μέσης και Ανωτέρας Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης" και β) του άρθρου 42 του Ν. 1404/83 "Δομή και λειτουργία των Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (Τ.Ε.Ι.)"
2. Την αριθ. Ε2/ ..... 3601/83 ..... απόφαση προκήρυξης θέσεων εκπ/κού προσωπικού ΚΑΤΕΕ, συλλόγου καθηγητών της ανώτερης
3. Την ..... 12/83 ..... απόφαση του ΚΑΤΕΕ Αθήνας σχολής τεχνολογών μηχανικών του ΚΑΤΕΕ Αθήνας ..... 3049/17.3.83 .....
4. Την Ε5/ ..... απόφαση μας.

Αποφασίζουμε  
 Διορίζουμε τον Ιωάννη Λαυράκη του Γεωργίου  
 υπαλλήλου των φυσικών επιστημών του πανεπιστημίου Αθηνών  
 καθηγητή εργαστηρίων ..... 23 .....  
 σε θέση ..... κλάδου ..... ειδικό-  
 τητας ..... ηλεκτρονικού .....  
 της ..... ανώτερης σχολής τεχνολογών μηχανικών .....  
 του ΚΑΤΕΕ ..... Αθηνών .....  
 με Μ.Κ. .... και με διετή δεκά-  
 μαστική υπηρεσία.

Η απόφαση αυτή να δημοσιευτεί στην εφημερίδα της κυβέρνησης.  
 (Αριθμός βεβαίωσης Υ.Ε.Ε ... 6136/18.5.84.)

Ο Υπουργός  
 ΑΠΟΣΤ. ΚΑΚΛΑΜΑΝΗΣ

ΕΣΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΝΟΜΗ  
 1. Υ.Ε.Ε./Τ.Ε.Ι.

- Τμήμα Προσωπικού
2. Υ.Ε.Ε σε δύο αντίγραφα με τη παράκληση να χορηγήσει τη σχετική πρόταση.



ΛΑΡΙΣΑΣ  
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι.)  
ΛΑΡΙΣΑΣ**

ΤΕΙ ΛΑΡΙΣΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΣΤΕΦ

Ταχ.Δ/ση: Τ.Ε.Ι. Λάρισας  
Τ.Κ. 41110  
Πληροφορίες:  
Τηλέφωνο:

Λάρισα 29-1-2003  
Αριθ.Πρωτ: 156

### Β Ε Β Α Ι Ω Σ Η

Βεβαιώνεται ότι ο κ. Ανδρίτσος Ιωάννης αναπληρωτής καθηγητής διετέλεσε Προϊστάμενος του Τμήματος Ηλεκτρολογίας της ΣΤΕΦ από 1-9-1997 έως 31-8-2000 (3796/17-6-1997 διαπιστωτική πράξη Προέδρου ΤΕΙ/Λ).





ΛΑΡΙΣΑΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι.)  
ΛΑΡΙΣΑΣ**

**ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΩΝ**

Πληροφορίες: Θ. Νάρη  
Ταχ. Δ/ση : Τ.Ε.Ι Λάρισας  
41.110 Λάρισα  
ΤΗΛ.- FAX : 2410-611994

Λάρισα 22-01-2003  
Αριθμ. πρωτ. 40

### Β Ε Β Α Ι Ω Σ Η

Από τα τηρούμενα στην Επιτροπή Εκπαίδευσης και Ερευνών του ΤΕΙ Λάρισας στοιχεία, βεβαιώνεται ότι, ο **ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΝΔΡΙΤΣΟΣ**, Αν. Καθηγητής του τμήματος Ηλεκτρολογίας της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών (ΣΤΕΦ) του ΤΕΙ/Λ, στη διάρκεια της θητείας του ως μέλος Ε.Π. του ΤΕΙ Λάρισας, **κατά τα χρονικά διαστήματα:**

**1) από 1-11-1995 έως και 1-11-1998** διετέλεσε μέλος της Επιτροπής Ερευνών του ΤΕΙ/Λ, ως εκλεγμένος εκπρόσωπος του τμήματος Ηλεκτρολογίας, καθώς και εκλεγμένο μέλος του Ειδικού Πενταμελούς Οργάνου (Ε.Π.Ο) της Επιτροπής Ερευνών του ΤΕΙ/Λ, (Αριθμ απόφασης 6007/1-11-95 Προέδρου ΤΕΙ/Λ) και

**2) από 2-11-1998 έως 9-11-01** διετέλεσε μέλος της Επιτροπής Εκπαίδευσης και Ερευνών του ΤΕΙ/Λ, ως εκλεγμένος εκπρόσωπος του τμήματος Ηλεκτρολογίας, καθώς και εκλεγμένο μέλος του Ειδικού Επταμελούς Οργάνου (Ε.Ε.Ο) της Επιτροπής Εκπαίδευσης και Ερευνών, (Αριθμ. απόφασης 7523/2-11-98 Προέδρου ΤΕΙ/Λ)

Χορηγούμε την παρούσα βεβαίωση στον ενδιαφερόμενο, μετά από αίτησή του, για να την χρησιμοποιήσει σε κάθε νόμιμη χρήση.

Ο Πρόεδρος της Επιτροπής  
Εκπαίδευσης και Ερευνών



Φιλόεος Γ. Λόκκας  
Αντιπρόεδρος ΤΕΙ Λάρισας



ΛΑΡΙΣΑΣ

Λάρισα 22-01-2003  
Αριθμ. πρωτ. 39

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι.)**  
**ΛΑΡΙΣΑΣ**

**ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΩΝ**

Πληροφορίες: Θ. Νάρη  
Ταχ. Δ/ση : Τ.Ε.Ι Λάρισας  
41.110 Λάρισα  
ΤΗΛ.- FAX : 2410-611994

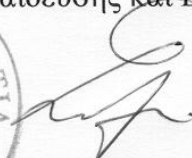
### Β Ε Β Α Ι Ω Σ Η

Από τα τηρούμενα στην Επιτροπή Εκπαίδευσης και Ερευνών του ΤΕΙ Λάρισας στοιχεία, βεβαιώνεται ότι, ο **ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΝΔΡΙΤΣΟΣ**, Αν. Καθηγητής του τμήματος Ηλεκτρολογίας της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών (ΣΤΕΦ) του ΤΕΙ/Λ, ήταν Υπεύθυνος του έργου με τίτλο: «**ΚΕΝΤΡΟ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΠΤΥΧΙΟΥΧΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**» της ενέργειας 3.4.γ «Προγράμματα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης» του 1<sup>ου</sup> ΕΠΕΑΕΚ, από Φεβρουάριο 1998 έως Ιούνιο 2000.

Χορηγούμε την παρούσα βεβαίωση στον ενδιαφερόμενο, μετά από αίτησή του, για να την χρησιμοποιήσει σε κάθε νόμιμη χρήση.

Ο Πρόεδρος της Επιτροπής  
Εκπαίδευσης και Ερευνών



  
Φιλόεος Γ. Λόκκας  
\* Αντιπρόεδρος ΤΕΙ Λάρισας

## **Modular Software**

Ανάπτυξη προϊόντων λογισμικού  
Ογλ 3Α – 41222 Λάρισα  
Τηλ. (2410)-288.784 & Fax. 288.771

**Email : [smodular@otenet.gr](mailto:smodular@otenet.gr)**

**Λάρισα 25/02/2003**

## **ΒΕΒΑΙΩΣΗ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κοκκινόπουλος Χρήστος υπεύθυνος της εταιρείας Modular Software βεβαιώνω ότι ο κ. **Ανδρίτσος Ιωάννης** Αναπληρωτής Καθηγητής του ΤΕΙ Λάρισας είναι άμισθος συνεργάτης της εταιρείας μας από το 1992 μέχρι και σήμερα με βασικό αντικείμενο:

Την ανάπτυξη παραθυρικών εφαρμογών επικοινωνίας για (windows 98, 2000, XP) μέσω του πρωτοκόλλου DICOM με Ιατρικά μηχανήματα (πχ. Μαγνητικούς και Αξονικούς τομογράφους, υπερηχογράφους, κλπ.)

Την ανάπτυξη τηλεματικών και τηλεϊατρικών εφαρμογών για απομεμακρυσμένη επικοινωνία μέσω του πρωτοκόλλου TCP/IP.

Για την Modular Software

Χρήστος Κοκκινόπουλος

**MODULAR SOFTWARE**  
ΧΡΗΣΤΟΣ Γ. ΚΟΚΚΙΝΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ  
ΟΓΛ 3Α - 41222 ΛΑΡΙΣΑ  
ΤΗΛ. (0410) 288784  
Α.Φ.Μ. 045306672 - Β' ΔΟΥ ΛΑΡΙΣΑΣ

Université de Limoges

# LABORATOIRE d'ELECTRONIQUE des MICROONDES

Equipe de Recherche Associee au C.N.R.S

Limoges le. 30 mai 1983

## ATTESTATION

=====

Je soussigné, Albert PAPIERNIK, Professeur à l'Université de LIMOGES, certifie que Monsieur Yannis ANDRITSOS a préparé sous ma direction sa thèse de 3ème cycle dans le cadre d'un contrat d'une durée de 18 mois entre l'Université de LIMOGES et le Centre National d'Etudes des Télécommunications. Au cours de cette période, Monsieur ANDRITSOS a perçu une rémunération de 25000 F.



Professeur A. PAPIERNIK

U.E.R. des SCIENCES  
LABORATOIRE D'ELECTRONIQUE  
DES MICROONDES  
(ERA 535 du CNRS)  
123, Avenue Albert Thomas  
87060 LIMOGES CEDEX

Université de Limoges

# LABORATOIRE d'ELECTRONIQUE des MICROONDES

Equipe de Recherche Associée au C.N.R.S

Limoges le, 30 mai 1983

## A T T E S T A T I O N

=====

Je soussigné, Albert PAPIERNIK, Professeur à l'Université de LIMOGES, certifie que Monsieur Yannis ANDRITSOS a été enseignant à l'U.E.R. des Sciences de l'Université de LIMOGES au cours des années universitaires 1978-1979 et 1979-1980.



Professeur A. PAPIERNIK

Secrétaire du Département de Physique.





U.E.R. des SCIENCES

Limoges, le 12 Mai 1980

N° 294

DECISION

Je soussigné, J.L. TEYSSIER, Directeur de l'U.E.R. des Sciences de Limoges, autorise le paiement d'une somme de 2500.00 francs net à M. ANDRITSOS Jean, en règlement d'une bourse d'étude en vue de permettre au bénéficiaire de poursuivre ses études personnelles et ce, pour suppléer à l'insuffisance de ses ressources du 1er Mars 1980 au 30 Septembre 1980.

Ces sommes seront prélevées sur les crédits de la Convention n° 8035052 007807500 passée entre l'U.E.R. des Sciences et les Postes et Télécommunications.

LE DIRECTEUR,

J.L. TEYSSIER



Destinataires :

- Services Traitement
- Agence comptable
- Intéressé
- Archives

# U.E.R. des SCIENCES

limoges.le 14 novembre 1980

## DECISION - N° 340

Je soussigné, J.L. TEYSSIER, Directeur de l'U.E.R. des Sciences de Limoges, autorise le paiement d'une somme de 2500.00 francs net à M. ANDRITSOE Jean, en règlement d'une bourse d'étude en vue de permettre au bénéficiaire de poursuivre ses études personnelles et ce, pour suppléer à l'insuffisance de ses ressources du 1er octobre 1980 au 31 décembre 1980.

Ces sommes seront prélevées sur les crédits de fonctionnement de l'U.E.R. des Sciences - chapitre 6103.



LE DIRECTEUR,

  
J.L. TEYSSIER

Destinataires :

- Service traitements
- Agence comptable
- Intéressé
- Archives

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Η Διδακτορική μου διατριβή αποτέλεσε αντικείμενο συμβολαίου του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής και Μικροκυμάτων του Πανεπιστημίου της Limoges και του Εθνικού Κέντρου Τηλεπικοινωνιακών Ερευνών της Γαλλίας (C.N.E.T).

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε με την υποστήριξη του καθηγητή A. Pariernik που διηύθυνε τον ερευνητικό τομέα διάδοσης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, κεραιών και νέων τύπων γραμμών μεταφοράς με πολύ μικρές απώλειες ενέργειας (Laboratoire des lignes a faibles pertes).

Το θέμα της διδακτορικής μου διατριβής ήταν «**Διάδοση του ρυθμού  $TE_{11}$  μέσα σε ένα καμπύλο κυκλικό κυματοδηγό (Propagation du mode  $TE_{11}$  dans un guide circulaire courbe)**».

Το αντικείμενο της εργασίας αυτής ήταν αφιερωμένο στην επίδραση της καμπυλότητας στη διάδοση του ρυθμού  $TE_{11}$  μέσα σε έναν μη ευθύγραμμο κυκλικό κυματοδηγό για συχνότητες μεγαλύτερες από τα 10GHz, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί σε διασύνδεση σταθμού - κεραιάς για δορυφορική επικοινωνία.

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται μία σύντομη ανασκόπηση των ηλεκτρομαγνητικών ιδιοτήτων του ρυθμού  $TE_{11}$  του ευθύγραμμου κυκλικού κυματοδηγού.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται προσπάθεια για τον προσδιορισμό του συστήματος των διαφορικών εξισώσεων που ικανοποιείται από τους διάφορους ρυθμούς που διαδίδονται στο εσωτερικό του καμπύλου κυματοδηγού (παρασιτική διέγερση λόγω της καμπυλότητας). Εισάγοντας ένα νέο σύστημα συντεταγμένων που λαμβάνει υπόψη του την γεωμετρική παραμόρφωση του κυματοδηγού (συντεταγμένες SERRET-FRENET) στις εξισώσεις του Maxwell και αναπτύσσοντας τις εγκάρσιες και διαμήκεις συνιστώσες του μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου σε ιδιοδιανύσματα και ιδιοσυναρτήσεις αντίστοιχα, προκύπτει

ένα συνεζευγμένο μιγαδικό σύστημα έξι ολοκληρωτικο-διαφορικών εξισώσεων πρώτου βαθμού με αγνώστους τους συντελεστές του αναπτύγματος. Η ανάπτυξη λοιπόν του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε ιδιορυθμούς σε μια διατομή του κυματοδηγού κάνοντας χρήση των εξισώσεων Maxwell οδηγεί σε ένα σύστημα εξισώσεων που ικανοποιείται από τους διάφορους ρυθμούς οι οποίοι είναι ικανοί να διαδοθούν μέσα σ' αυτόν. Έτσι λοιπόν αποδείξαμε ότι η καμπυλότητα εισάγει κατά προτεραιότητα δύο κατευθύνσεις (πλώσεις) η μία παράλληλη προς το επίπεδο συμμετρίας του κυματοδηγού και η άλλη κάθετη στο επίπεδο αυτό. Ανάλογα με το επίπεδο λοιπόν ο ρυθμός  $TE_{11}$  αποδείξαμε ότι είναι σε σύζευξη με τους παρακάτω ρυθμούς :

$TE_{2q}, TE_{0q}, TM_{2q}$	Κάθετη πόλωση
$TE_{2q}, TM_{0q}, TM_{2q}$	Παράλληλη πόλωση

Επίσης αποδείξαμε ότι οι συντελεστές σύζευξης είναι συναρτήσεις της συχνότητας λειτουργίας, και ανάλογοι του λόγου  $(a/R)$  όπου  $a$  η ακτίνα του κυματοδηγού και  $R$  η ακτίνα καμπυλότητάς του.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** έγινε προσπάθεια για την επίλυση του συστήματος των διαφορικών εξισώσεων αναπτύσσοντας του συντελεστές σύζευξης σε ακέραιες σειρές ακολουθώντας τις αύξουσες δυνάμεις του λόγου  $(a/R)$ . Προκειμένου να αποφύγουμε όρους που απειρίζονται μέσα στην έκφραση του πεδίου, κάναμε χρήση μιας ποιο εξελιγμένης μεθόδου (μεθόδος **POINCARÉ**) με προσέγγιση δευτέρας τάξης που μας οδήγησε σε αναλυτικές εκφράσεις για τις σταθερές διάδοσης των ρυθμών  $TE_{nq}$  και  $TM_{nq}$  στο εσωτερικό του κυματοδηγού. Στη συνέχεια οι οριακές συνθήκες στην είσοδο και την έξοδο του κυματοδηγού μας επέτρεψαν να συνάγουμε τις αναλυτικές εκφράσεις για το εύρος και την ισχύ που μεταφέρεται από τον ρυθμό  $TE_{11}$ , και να υπολογίσουμε το εύρος και την ισχύ που απορροφούν οι παρασιτικοί ρυθμοί που εμφανίζονται στην είσοδο και στην έξοδο του κυματοδηγού. Στο ίδιο κεφάλαιο η πολυπλοκότητα των υπολογισμών μας ανάγκασε να καταφύγουμε και σε μία δεύτερη αναλυτική

μέθοδο προκειμένου να ισχυροποιήσουμε την μέθοδο του Poincare, κάνοντας έναν ενεργειακό ισολογισμό και υπολογίζοντας την ροή του διανύσματος Ρογντίνγκ που εξέρχεται από όλη την επιφάνεια του κυματοδηγού (παράπλευρη επιφάνεια και οι δύο διατομές εισόδου και εξόδου του) καταφέραμε να υπολογίσουμε την ισχύ που ανακλάται αλλά και διαδίδεται για κάθε ρυθμό ξεχωριστά. Τέλος στο κεφάλαιο αυτό ασχοληθήκαμε και με τις ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες διαδοχικών καμπύλων τμημάτων κυματοδηγού που συνδέονται μεταξύ τους με κομμάτια ευθύγραμμου κυκλικού κυματοδηγού καθορισμένου μήκους.

Στο τρίτο κεφάλαιο λοιπόν η μέθοδος του Poincare μας οδήγησε σε αναλυτικές εκφράσεις που μας επέτρεψαν να δούμε την επίδραση της καμπυλότητας στη διάδοση του ρυθμού  $TE_{11}$ . Η αξιοπιστία αυτών εκφράσεων είναι κατευθείαν συνδεδεμένη με τον λόγο  $a/R$  που έχει επιλεγεί ως παράμετρος αλλά και της συχνότητας λειτουργίας. Στο **τέταρτο κεφάλαιο** επιχειρήσαμε να επαληθεύσουμε τα βασικά αποτελέσματα (σταθερά διάδοσης και μεταφερόμενη ενέργεια μέσα στον κυματοδηγό) που πήραμε από την αναλυτική αλλά προσεγγιστική μέθοδο, με μία μέθοδο **πινάκων** η οποία μας επέτρεψε να επιλύσουμε αριθμητικά το σύστημα των διαφορικών εξισώσεων που βρήκαμε στο δεύτερο κεφάλαιο. Τα προγράμματα που υλοποιήσαμε αποδείχτηκαν πολύ αποτελεσματικά αφού μας υπολόγιζαν ταχύτατα όλα τα ηλεκτρομαγνητικά χαρακτηριστικά του καμπύλου κυματοδηγού.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** έγινε η σύγκριση των δύο μεθόδων και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων τόσο των αναλυτικών όσο και των αριθμητικών. Η μελέτη επικεντρώθηκε κυρίως στην μεταβολή των πρόσθετων απωλειών, στην κυμάτωση του χρόνου διάδοσης της ομάδας και στην ενδοδιαμόρφωση (διαφωνία) για την περίπτωση των δύο πολώσεων για ένα ή περισσότερα καμπύλα τμήματα. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε ο καμπύλος κυματοδηγός WC-109 με άνοιγμα  $90^\circ$  (ένα τεταρτημορίο) και διάφορες ακτίνες καμπυλότητας, ενώ η διάμετρος του ήταν 2,779 cm. Η σύγκριση των δύο μεθόδων έδειξε πως η αναλυτική μέθοδος είναι αποδεκτή για ακτίνες

καμπυλότητας μεγαλύτερες των 50cm πράγμα που είναι απολύτως συμβατό με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες χρησιμοποιείται ένας μη εύκαμπτος κυματοδηγός. Το αποτέλεσμα της έρευνας μας επέτρεψε να συμπεράνουμε θετικά λοιπόν για την δυνατότητα χρήσης μη εύκαμπτων καμπύλων κυματοδηγών. Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι οι πρόσθετες απώλειες και η κυμάτωση του χρόνου διάδοσης της ομάδας είναι αμελητέες για ακτίνες καμπυλότητας μεγαλύτερες του ενός μέτρου. Τέλος η ταυτόχρονη μεταφορά δύο πολώσεων δεν φαίνεται δυνατή λόγω της ενδοδιαμόρφωσης (διαφωνία) που εισάγεται λόγω της καμπυλότητας του κυματοδηγού.

# LABORATOIRE d'ELECTRONIQUE des MICROONDES

Equipe de Recherche Associee au C.N.R.S

Limoges le, 9 février 1981

RAPPORT CONCERNANT LA THESE DE DOCTORAT DE 3<sup>ème</sup> CYCLE PRESENTEE  
PAR Ioannis ANDRITSOS

Titre de la thèse : "Propagation du mode  $TE_{11}$  dans un guide circulaire courbé".

Membres du Jury :

Président : Yves GARULT	Professeur à l'Université de LIMOGES
Examineurs : Jacques CITERNE	Professeur à l'I.N.S.A. de RENNES
Claude FRAY	Maître-Assistant à l'Université de LIMOGES
Albert PAPIERNIK	Professeur à l'Université de LIMOGES.

Le mémoire présenté par Monsieur Ioannis ANDRITSOS est consacré aux effets de la courbure sur la propagation du mode  $TE_{11}$  dans un guide circulaire surdimensionné. L'objectif est l'utilisation au-dessus de 10 GHz d'un guide circulaire non rigide comme liaison feeder pour infrastructure hertzienne.

A l'aide d'une décomposition du champ en modes propres, Monsieur ANDRITSOS a d'abord établi le système d'équations différentielles qui traduisent l'excitation des modes supérieurs dans les coudes. Ce système a été résolu par deux méthodes : l'une analytique (par perturbations), l'autre numérique (par résolution matricielle). La comparaison de ces deux méthodes montre que la méthode de perturbation, plus simple à mettre en oeuvre, est valable pour des rayons de courbures supérieurs à 0,5 mètre (ce qui est compatible avec les conditions d'utilisation d'un guide non rigide).

L'exploitation très approfondie des résultats effectuée par Monsieur ANDRITSOS permet de calculer les pertes additionnelles, l'ondulation du temps de propagation de groupe, la modification de la constante de propagation pour les deux directions privilégiées, dans le cas d'un coude ou de plusieurs coudes successifs. Une étude de la diaphonie existant lors d'une utilisation simultanée des deux polarisations en a également été effectuée.

L'ensemble des résultats permet à Monsieur ANDRITSOS de conclure positivement en ce qui concerne la possibilité d'utilisation d'un guide circulaire non rigide. Les pertes additionnelles et l'ondulation du temps de groupe sont en effet négligeables pour des rayons de courbure supérieurs à un mètre. Cependant, le transport simultané de deux polarisations ne semble pas possible, en rayon de la diaphonie introduite par les coudes.

.../...

Le travail effectué par Monsieur ANDRITSOS est de grande qualité. Il a su mener à bien l'emploi - très difficile - de la méthode des perturbations et tirer des conclusions claires et utiles en ce qui concerne l'utilisation du guide qu'il a étudié.

La rédaction de son mémoire est excellente et l'exposé qu'il a présenté lors de la soutenance montre d'indéniables qualités pédagogiques.

Pour l'ensemble de ce travail, le jury a tenu à lui adresser ses félicitations.

Titre de la thèse :

Composé du jury :

Président : Yves GARAULT

Yves GARAULT

Professeur à l'Université de LIMOGES.



# ADDITIONAL LOSSES AND TIME DELAY FLUCTUATIONS OF TE<sub>11</sub> MODES IN CURVED CIRCULAR WAVEGUIDES—APPLICATION TO FEEDER ANTENNAS

Indexing terms: Waveguides, Losses, Antenna feeders

The additional losses and fluctuations in time delay in TE<sub>11</sub> operating curved circular waveguides have been determined. The results obtained reveal that additional losses are less than 0.1 dB and time delay fluctuations are less than 0.5 ns at a bend exit (curvature radius one metre). This permits the use of nonrigid circular waveguides as feeders to antennas in communication systems operating at frequencies above 10 GHz.

Straight circular waveguides operating in the TE<sub>11</sub> mode are used sometimes as feeders to tower-mounted antennas at frequencies above 10 GHz. The TE<sub>11</sub> mode of the circular waveguide is a low-loss mode around a frequency 1.5 times its cutoff frequency. For instance the loss of the WC 109 (27.79 mm) straight guide is about 4 dB/100 mm at 10 GHz. So circular waveguides offer distinct advantages over elliptical or rectangular waveguides (with losses about 15 dB/100 m at 10 GHz) as antenna feeders. Above this frequency, the circular waveguide is slightly overmoded and the irregularities of the transmission line can cause generation of higher-order modes. So, the bend presence introduces mode coupling which results in consequent loss of signal and a deterioration in the group delay characteristic. This article presents a study of the additional losses and fluctuations in time delay arising out of the bends in the transmission line. For simplicity, the ohmic losses are neglected.

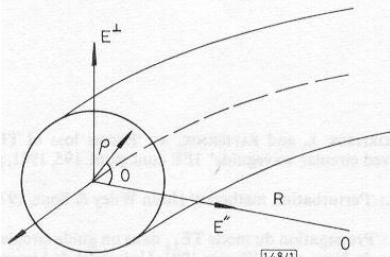


Fig. 1 Schematic representation of a curved circular waveguide with toroidal system

The most convenient co-ordinate system ( $\rho, \theta, s$ ) to study a circular curved guide of inner radius  $a$  and curvature radius  $R$  is the toroidal system. The electromagnetic field components in a cross-section when expanded in terms of eigenfunctions together with the Maxwell equations lead to a system of coupled differential equations. A study of the coupling<sup>1</sup> reveals that an  $m$ th-order symmetric mode does not couple to any modes other than those of order  $m \pm 1$ . In the case of TE<sub>11</sub> mode operation, there exist two preferred directions of propagation determined by the plane of polarisation at the entry of the bend (Fig. 1):

- (a)  $E^{\parallel}$ , denoting a plane of polarisation parallel to the plane of symmetry of the bend, coupling to TE<sub>2q</sub>, TM<sub>2q</sub>, TM<sub>0q</sub>
- (b)  $E^{\perp}$ , denoting a plane of polarisation perpendicular to the plane of symmetry of the bend, coupling to TE<sub>2q</sub>, TM<sub>2q</sub>, TE<sub>0q</sub>.

Since  $a/R \ll 1$ , we have chosen a 2nd-order perturbation method<sup>2</sup> to resolve the system of coupled differential equations. These differential equations have been solved systematically in the following sequence:

$$\begin{aligned} \text{TE}_{11}^{(0)} &\xrightarrow{a/R} \text{TM}_{2q}^{(1)}, \text{TE}_{2q}^{(1)}, \\ &\quad \text{TM}_{0q}^{(1)}(\text{TE}_{0q}^{(1)}) \xrightarrow{a/R} \text{TE}_{11}^{(2)} \text{ for } E^{\parallel}(E^{\perp}) \end{aligned}$$

By this method, the propagation constants  $\gamma_{11}^{\parallel}$  and  $\gamma_{11}^{\perp}$  of the TE<sub>11</sub> mode into the bend and the complex amplitudes  $b_{11}^{\parallel}$  and

$b_{11}^{\perp}$  of the reflected and transmitted waves at the entry ( $s = 0$ ) and the exit  $s = 1$  of a bend can be expressed in analytical form as below:

$$\begin{aligned} \gamma_{11}^{\parallel(\perp)} &= \frac{\gamma_{11}}{1 + a^2/R^2 \xi^{\parallel(\perp)}(ka)}, \quad b_{11}^{\parallel(\perp)}(s=0) = \frac{a^2}{R^2} b Q^{\parallel(\perp)}(ka) \\ b_{11}^{\parallel(\perp)}(1) &= b \left\{ 1 + \frac{a^2}{R^2} T^{\parallel(\perp)}(ka) \right\} \exp(-j\gamma_{11}^{\parallel(\perp)}l) \end{aligned}$$

where  $\gamma_{11}$  is the propagation constant of the TE<sub>11</sub> mode in the straight guide,  $ka = \omega a/c$  the normalised frequency, and  $b$  the amplitude of the TE<sub>11</sub> mode at the bend entry;  $\xi(ka)$ ,  $Q(ka)$  and  $T(ka)$  are frequency-dependent functions.<sup>3</sup>

At the bend exit, the additional losses in the two polarisations can be expressed by the equations:

$$\alpha_{dB} = -10 \log (P_t/P_i)$$

with

$$(P_t/P_i) = 1 + (2a^2/R^2) \text{Re} \{ T^{\parallel(\perp)}(ka) \}$$

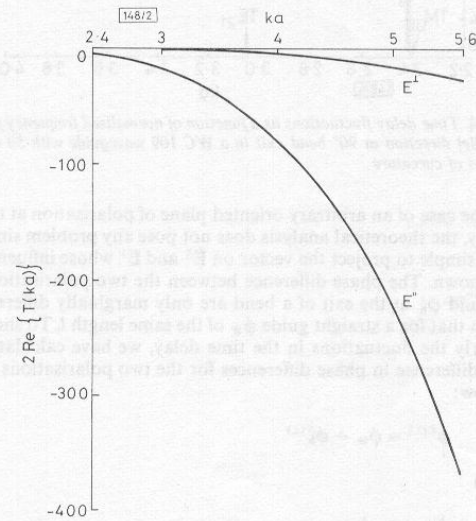


Fig. 2 Envelope of minima of  $2 \text{Re} \{ T(ka) \}$  as a function of normalised frequency for  $E^{\parallel}$  and  $E^{\perp}$

where  $P_t$  and  $P_i$  are, respectively, the transmitted power at the bend exit and the incident power at the bend entry. The validity of these expressions has been verified by matrix method.<sup>3</sup> The transmitted power is an oscillatory function with several maxima and minima of amplitudes determined by  $a/R$  and  $ka$

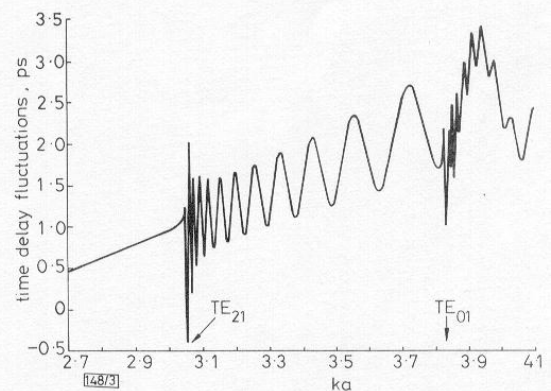


Fig. 3 Time delay fluctuations as a function of normalised frequency for perpendicular direction at 90° bend exit in a WC 109 waveguide with 50 cm radius of curvature

in accordance with Jouguet angles.<sup>4</sup> Fig. 2 presents an envelope of the minima of  $2 \operatorname{Re} \{T^{(\perp)}(ka)\}$  as a function of the normalised frequency for  $E^{\parallel}$  and  $E^{\perp}$ . It is apparent that the  $E^{\parallel}$  losses are more important than those of  $E^{\perp}$  losses. The losses in the two directions can now be easily determined for various given values of  $a/R$ . For the case of the WC 109 waveguide the additional losses are less than 0.02 dB for the  $E^{\perp}$  waves and less than 0.06 dB for  $E^{\parallel}$  waves with a radius of curvature  $R = 1$  m.

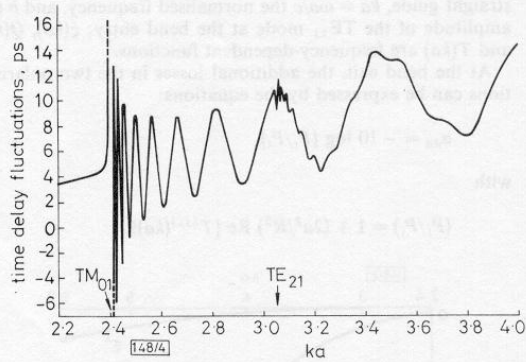


Fig. 4 Time delay fluctuations as a function of normalised frequency for parallel direction at  $90^\circ$  bend exit in a WC 109 waveguide with 50 cm radius of curvature

In the case of an arbitrary oriented plane of polarisation at the entry, the theoretical analysis does not pose any problem since it is simple to project the vector on  $E^{\parallel}$  and  $E^{\perp}$  whose influence is known. The phase difference between the two polarisations  $\phi_b^{\parallel}$  and  $\phi_b^{\perp}$  at the exit of a bend are only marginally different from that for a straight guide  $\phi_w$  of the same length  $l$ . To show clearly the fluctuations in the time delay, we have calculated the difference in phase differences for the two polarisations as below:

$$\phi^{(\perp)} = \phi_w - \phi_b^{(\perp)}$$

with

$$\phi_w = \gamma_{11} l$$

and

$$\phi_b^{(\perp)} = \arg \{b_{11}^{(\perp)}(l)\}$$

The time delay fluctuations can easily be analysed by differentiating the above relation with respect to the frequency, and Figs. 3 and 4 present these for the two polarisations at the exit of a  $90^\circ$  bend in a WC 109 guide with a 50 cm radius of curvature. The amplitudes of these fluctuations are negligibly small for telecommunication applications. Typical values are 2 ps for  $E^{\perp}$  and 15 ps for  $E^{\parallel}$ . At the cutoff frequencies of unwanted modes, the oscillations are perturbed which, at times, are so strongly pronounced as to those of  $E^{\parallel}$  waves (Fig. 4) appearing at the cutoff frequency of the  $TM_{01}$  mode.

These results can be generalised to the case of successive bends in the same or different planes separated by straight sections of varying lengths. As a first approximation, in the above case, the losses may be added to obtain the overall losses.

The utilisation of a nonrigid circular waveguide as feeder to tower-mounted antennas above 10 GHz is therefore a feasible proposition because the additional losses are less than 0.1 dB per bend, and the time delay deteriorations are less than 0.5 ns, which fall within the admissible limits.

*Acknowledgment:* This work is supported by the Centre National d'Etude des Télécommunications, France.

C. FRAY 17th March 1981

I. ANDRITSOS

A. PAPIERNIK

Laboratoire d'Electronique des Microondes

Université de Limoges

Equipe de Recherche Associée au CNRS

123, rue Albert-Thomas, 87060 Limoges, Cedex, France

#### References

- FRAY, C., ANDRITSOS, J., and PAPIERNIK, A.: 'Excess loss of  $TE_{11}$  modes in curved circular waveguide'. IEE conf. publ. 195, 1981, pp. 525-529
- NAYFEH, A. H.: 'Perturbation methodes' (John Wiley & Sons, 1973), pp. 58-59
- ANDRITSOS, J.: 'Propagation du mode  $TE_{11}$  dans un guide circulaire courbé'. Thèse de 3ème cycle, Février 1981, Université de Limoges, France
- BRAYER, H., and YHUL, J.: 'Etude en courbure des guides d'ondes à grande distance, cas des guides métalliques', *Ann. Télécommun.*, 1972, pp. 363-392

0013-5194/81/110362-03\$1.50/0

# EXCESS LOSS OF TE<sub>11</sub> MODES IN CURVED CIRCULAR WAVEGUIDE \*

C. Fray, J. Andritsos, A. Papiernik.

Laboratoire d'Electronique des Microondes\*\*, University of Limoges - France -

## INTRODUCTION

The circular waveguide operating on its fundamental TE<sub>11</sub> mode can be used as a feeder to tower-mounted antennae at frequencies above 10 GHz. Compared with elliptical or rectangular waveguides (whose losses are about 15 dB/100 m at 10 GHz), circular waveguides (whose losses are about 4 dB/100 m at 10 GHz) give reduction to feeder attenuation. In addition a circular waveguide can simultaneously carry the TE<sub>11</sub> mode with two polarizations.

But, the presence of bends produces mode conversion. When these undesirable modes can be propagated, the transmitted TE<sub>11</sub> mode is attenuated by transferring energy to other modes. In this paper, the additional attenuation is calculated by the perturbation method for a perfect bend. For simplicity, the ohmic conduction losses are here neglected.

### Field expansion in the cross-section

The most natural coordinate system (ρ, θ, s) for a curved waveguide is toroidal. s denotes the distance measured along the curved axis of the guide and (ρ, θ) are polar coordinates in a cross-section of the guide with an origin at the guide axis. The inner radius of the guide is denoted a and the radius curvature by R. The element of length in this system is :

$$dr^2 = d\rho^2 + \rho^2 d\theta^2 + (1 - \frac{\rho}{R} \cos \theta)^2 ds^2$$

The fields are expanded in eigenfunctions  $\phi_{mq}(\rho, \theta), \psi_{mq}(\rho, \theta)$  of the circle of radius a (1) :

$$E_T = \sum_m \sum_q (a_{mq} \nabla \phi_{mq} + b_{mq} (u_s \times \nabla \psi_{mq}))$$

$$H_T = \sum_m \sum_q (a_{mq} (u_s \times \nabla \phi_{mq}) + b_{mq} \nabla \psi_{mq})$$

$$E_z = \sum_m \sum_q c_{mq} \phi_{mq}, \quad H_z = \sum_m \sum_q d_{mq} \psi_{mq}$$

where m = 0, 1, 2, 3 ..., q = 1, 2, 3 ...

The expressions of eigenfunctions and of the corresponding eigenvalues  $u_{mq}$  and  $v_{mq}$  are :

$$\phi_{mq} = \frac{(\xi/\pi)^{1/2}}{a J_{m+1}(u_{mq})} J_m(u_{mq} \frac{\rho}{a}) \begin{pmatrix} \sin m\theta \\ \cos m\theta \end{pmatrix}$$

$$u_{mq} = \frac{u_{mq}}{a}, \quad u_{mq} \text{ q th root of } J_m$$

$$\psi_{mq} = \frac{v_{mq} (\xi/\pi)^{1/2}}{a (v_{mq}^2 - m^2) J_m(v_{mq})} J_m(v_{mq} \frac{\rho}{a}) \begin{pmatrix} \sin m\theta \\ \cos m\theta \end{pmatrix}$$

$$v_{mq} = \frac{v_{mq}}{a}, \quad v_{mq} \text{ q th root of } J'_m$$

with  $\xi = 1$  for m = 0,  $\xi = 2$  for m ≠ 0

TABLE 1 - Coupled differential equations verified by the TE<sub>11</sub> mode.

$$\begin{aligned} \alpha \frac{db_{11}}{ds} - j \frac{\gamma_{11}^2}{ka} b_{11} &= j \frac{\alpha}{R} \sum_{q=1}^{\infty} \left\{ H_{2q}^1 b_{2q}(\mp) E_{2q} \alpha_{2q} + \begin{pmatrix} -E_{0q} \alpha_{0q} \\ H_{0q}^1 b_{0q} \end{pmatrix} \right\} \\ \alpha \frac{db_{11}}{ds} - j k \alpha z \beta_{11} &= j z \frac{\alpha}{R} \sum_{q=1}^{\infty} \left\{ H_{2q}^2 \beta_{2q}(\pm) E_{2q} \alpha_{2q} + \begin{pmatrix} E_{0q} \alpha_{0q} \\ -H_{0q} \beta_{0q} \end{pmatrix} \right\} \end{aligned} \quad \begin{pmatrix} E^0 \\ E^1 \end{pmatrix}$$

\* This work is supported by the Centre National des Télécommunications

\*\* Equipe de recherche associée au C.N.R.S.

These eigenfunctions are normalized :

$$\int_S \psi_{mq}^2 dS = 1 \quad \text{and} \quad \int_S \psi_{mq}^2 dS = 1$$

The coefficients :

$a_{mq}(s), b_{mq}(s), c_{mq}(s), \alpha_{mq}(s), \beta_{mq}(s), \gamma_{mq}(s)$  are given by differential equations obtained by expanding the fields into eigenfunctions, introducing them into Maxwell's equations and enforcing the boundary conditions at  $\rho = a$ .

Coupled differential equations. After a lot of calculation, we got a set of first-order differential equations verified by the  $TE_{mq}$  and  $TM_{mq}$  mode coefficients. For instance, the  $\beta_{11}(s), b_{11}(s)$  coefficients of the  $TE_{11}$  mode verify the following system written in Table 1.

$Z = (\mu/\epsilon)^{1/2}$  is the impedance of the medium,  $\epsilon$  the permittivity,  $\mu$  the permeability.  $ka = \omega a/c$  is the normalized frequency and  $c$  the light velocity.

The normalized  $TE_{11}$  wavenumber in the straight waveguide is written :

$$\gamma_{11} = \{(ka)^2 - v_{11}^2\}^{1/2}$$

$H_{mq}$  and  $E_{mq}$  ( $m = 0$  or  $2$ ) are the coupling coefficients.

The first system denoted  $E^{\parallel}$  corresponds to the  $TE_{11}$  mode polarized in parallel with the curvature plane and the second system denoted  $E^{\perp}$  with the perpendicular direction.

TABLE 3 - Numerical values of the coupling coefficients for  $q = 1$

MODES	COUPLING COEFFICIENTS
$TE_{01}$	$H_{01}^{\perp} = -0.388(ka) + 3.505(ka)^{-1}$ $H_{01}^{\parallel} = 0.388(ka)$
$TE_{21}$	$H_{21}^{\perp} = -0.498(ka) + 3.634(ka)^{-1}$ $H_{21}^{\parallel} = -0.498(ka)$
$TM_{01}$	$E_{01} = 0.499(ka)$
$TM_{21}$	$E_{21} = 0.079(ka)$

From these equations we see that the  $TE_{11}$  mode is coupled with :

$$TM_{2q}(a_{2q}, a_{2q}'), TE_{2q}(\beta_{2q}, b_{2q}'), TM_{0q}(a_{0q}, a_{0q}')$$

for  $E^{\parallel}$  whereas it is coupled with :

$$TM_{2q}, TE_{2q}, TE_{0q}(\beta_{0q}, b_{0q}) \text{ modes for } E^{\perp}.$$

The Table 2 presents the analytical expressions of coupling coefficients. The table 3 presents their numerical values for  $q = 1$ . It appears clearly that the coupling coefficient of the  $TM_{21}$  mode is lower than that of others.

TABLE 2 - Analytical expressions of coupling coefficients -  $ka$  is the normalized frequency ;  $v_{mq}$  and  $u_{mq}$  are the roots of Bessel function  $J_m$  and  $J'_m$ .

MODES	COUPLING COEFFICIENTS
$TE_{0q}$	$H_{0q}^{\perp} = \sqrt{2} v_{11} v_{0q}^2 [v_{0q}^2 + v_{11}^2 - 2(ka)^2] [(ka)(v_{0q}^2 - v_{11}^2)^2 (v_{11}^2 - 1)^{1/2}]^{-1}$ $H_{0q}^{\parallel} = 2\sqrt{2} v_{0q}^2 v_{11} (ka) [(v_{0q}^2 - v_{11}^2)^2 (v_{11}^2 - 1)^{1/2}]^{-1}$
$TE_{2q}$	$H_{2q}^{\perp} = H_{2q}^{\parallel} - v_{11} v_{2q}^3 (4 - v_{11}^2 - v_{2q}^2) [(ka)(v_{2q}^2 - v_{11}^2)^2 (v_{11}^2 - 1)^{1/2} (v_{2q}^2 - 4)^{1/2}]^{-1}$ $H_{2q}^{\parallel} = 2(ka) v_{2q} (v_{11}^2 + v_{2q}^2 - v_{11}^2 v_{2q}^2) [v_{11} (v_{2q}^2 - v_{11}^2)^2 (v_{11}^2 - 1)^{1/2} (v_{2q}^2 - 4)^{1/2}]^{-1}$
$TM_{0q}$	$E_{0q} = \sqrt{2} (ka) u_{0q} [v_{11} (u_{0q}^2 - v_{11}^2) (v_{11}^2 - 1)^{1/2}]^{-1}$
$TM_{2q}$	$E_{2q} = (ka) u_{2q} [v_{11} (u_{2q}^2 - v_{11}^2) (v_{11}^2 - 1)^{1/2}]^{-1}$

and coupling coefficients of the  $TM_{01}$  mode are relatively higher than those of the  $TE_{01}$  mode. Consequently the parallel polarization will be more perturbed than the perpendicular polarization.

Fields in the curved waveguide. Since  $a/R \ll 1$  in practical applications, we have selected the perturbation method to solve the differential coupled equations. The coefficients :

$$\beta_{mq}(s), b_{mq}(s) \text{ for } m = 0, 1, 2$$

and :

$$a_{mq}(s), \alpha_{mq}(s) \text{ for } m = 0, 2$$

of the modes can be written :

$$A(s) = A^{(0)} + \frac{a}{R} A^{(1)}(s) + \frac{a^2}{R^2} A^{(2)}(s) + \dots + \frac{a^n}{R^n} A^{(n)}(s)$$

The field of zero-order approximation will be the ordinary  $TE_{11}$  wave of the straight waveguide. To simplify the study, the solutions are restricted to the second-order. Then, we have solved the equations order by order following the schematic representation for  $E''$  :

$$TE_{11}^{(0)} \xrightarrow{a/R} \begin{matrix} TM_{2q}^{(1)}, TE_{2q}^{(1)} \\ \text{first-order} \end{matrix}, \quad \begin{matrix} TM_{0q}^{(1)} \\ \text{first-order} \end{matrix} \xrightarrow{a/R} \begin{matrix} TE_{11}^{(2)} \\ \text{second-order} \end{matrix}$$

and for  $E^{\perp}$  :

$$TE_{11}^{(0)} \xrightarrow{a/R} \begin{matrix} TM_{2q}^{(1)}, TE_{2q}^{(1)} \\ \text{first-order} \end{matrix}, \quad \begin{matrix} TE_{0q}^{(1)} \\ \text{first-order} \end{matrix} \xrightarrow{a/R} \begin{matrix} TE_{11}^{(2)} \\ \text{second-order} \end{matrix}$$

The propagation constants of these modes are slightly perturbed. For instance, the  $TE_{11}$  normalized propagation constant in the waveguide curvature is :

$$\gamma_{11}^{(\perp)} = \frac{\gamma_{11}}{1 + \frac{a^2}{R^2} \delta''(\delta^{\perp})} \text{ for } E''(E^{\perp})$$

$\delta''(\delta^{\perp})$  is a constant formed by the coupling coefficients and the normalized propagation constants of the coupled modes. The analytical expressions of these constants are

written in table 4, the normalized propagation constants of the  $TE_{mq}$  and  $TM_{mq}$  modes are respectively :

$$\gamma_{mq} = \{(ka)^2 - v_{mq}^2\}^{1/2}, \quad v_{mq} = \{(ka)^2 - u_{mq}^2\}^{1/2}$$

The figures 1 shows the relative divergence between the  $TE_{11}$  propagation constants in the curved waveguide ( $\gamma_{11}''$  and  $\gamma_{11}^{\perp}$ ) and in the straight waveguide, for a perturbation parameter  $a/R = 2.779 \cdot 10^{-2}$  (for instance  $2a = 27.79$  mm and  $R = 0.5$  m). From these diagrams, we see that the perturbed propagation constants are very near to the unperturbed propagation constant.

Transmitted power and additional losses for a bend. The electromagnetic field is completely determined within a bend of  $s_1$  length from the following boundary conditions :

- at the input port ( $s = 0$ ) :

a  $TE_{11}$  incident wave and  $TE_{11}$ ,  $TM_{2q}$ ,  $TE_{2q}$ ,  $TM_{0q}$  or  $TE_{0q}$  backward waves.

- at the output port ( $s = s_1$ ) :

$TE_{11}$ ,  $TM_{2q}$ ,  $TE_{2q}$ ,  $TM_{0q}$  or  $TE_{0q}$  transmitted waves.

After lots of calculation we have obtained the analytical expression of the transmitted (2) power at the output of a bend. But we omitted it from this paper.

Transmitted power for the two cross-polarized modes are illustrated in figure 2 for a fixed wavelength when the angle of the bend is varied. These curves show that the  $TE_{11}$  mode is transmitted without losses according to Jouquet's angle (2) for discrete frequencies.

The  $TE_{11}$  mode attenuation at the bend output can be written :

$$\alpha_{dB} = -10 \log P_t / P_i$$

$P_t$  and  $P_i$  are the transmitted and incident powers.

TABLE 4 - Analytical expressions of constants  $\delta''$ ,  $\delta^{\perp}$ .

$$\left( \begin{matrix} \delta'' \\ \delta^{\perp} \end{matrix} \right) = \frac{U_{2q}^2}{2\gamma_{11}^2} \sum_{q=1}^{\infty} \left[ \frac{(H_{2q}^1)^2 (ka)^4 + 2H_{2q}^1(ka)\gamma_{11}^2 + (H_{2q}^2)^2 \delta_{11}^2 \delta_{2q}^2}{(ka)^2 U_{2q}^2 (\gamma_{2q}^2 - \gamma_{11}^2)} + \frac{(E_{2q}^1)^2 (v_{2q}^2 + 3\gamma_{11}^2)}{U_{2q}^2 (v_{2q}^2 - \gamma_{11}^2)} + \frac{(E_{0q}^1)^2 (v_{0q}^2 + 3\gamma_{11}^2)}{(ka)^2 U_{0q}^2 (\gamma_{0q}^2 - \gamma_{11}^2)} \right]$$

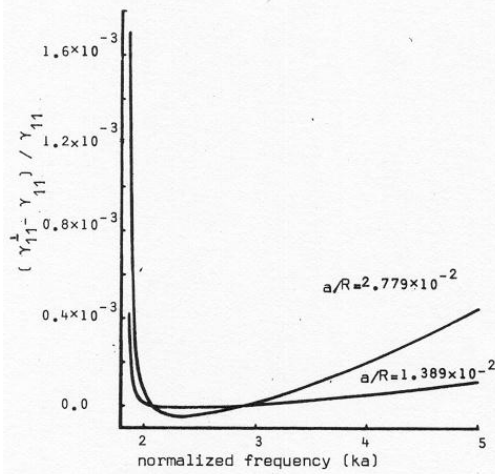
Figure 3 shows the additional losses for a  $90^\circ$  bend with  $a/R = 0.02779$ . We see that the transmitted mode is heavily attenuated for a polarization plane in parallel to the curvature plane ( $E''$ ) because the coupling with the  $TM_{01}$  is strong. When  $ka$  increases, the curves giving the losses oscillate deeper and deeper.

CONCLUSION

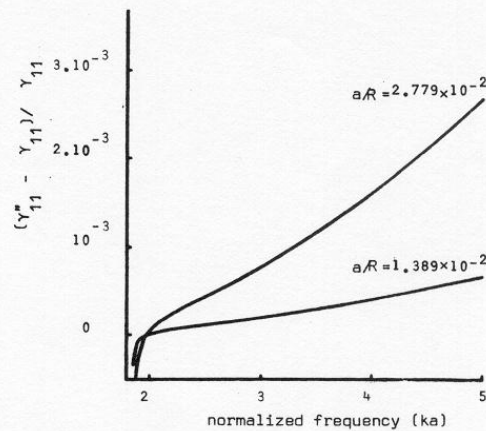
This theoretical study shows that the additional losses of the two-cross polarized  $TE_{11}$  modes through a bend aren't the same. So, in feeder application with a bandwidth between 10 GHz ( $ka = 2,9$ ) and 14 GHz ( $ka = 4$ ), with  $2a = 2.779$  cm,  $R = 0.5$  m, the losses don't exceed 0.1 dB, for a polarization plane in perpendicular to the plane curvature ( $E^\perp$ ) whereas they exceed this value for a polarization plane. Consequently, when the polarization plane of the  $TE_{11}$  mode is arbitrary at the input port of the bend, this property will produce a plane polarization rotation at the output port. In addition, the difference between the propagation constant according to  $E''$  and  $E^\perp$  will cause an elliptical polarization at the output port.

REFERENCES

- 1 - Van Bladel J., 1964 "Electromagnetic field", Mac Graw-Hill, New-York.
- 2 - Andritsos J., " Propagation du mode  $TE_{11}$  dans un guide circulaire courbé" 1980, Thesis, University of Limoges.
- 3 - Jouguet M., "Les effets de la courbure sur la propagation des ondes électromagnétiques dans les guides à section circulaire" 1942, C et T, 2, pp.133-153.



A - Polarization in perpendicular to the curvature plane.



B - Polarization in parallel to the curvature plane.

Figure 1 - Relative perturbation of the  $TE_{11}$  propagation constant for the two-cross polarized modes. Perturbation parameters :  $a/R = 2.779 \times 10^{-2}$  and  $a/R = 1.389 \times 10^{-2}$ .

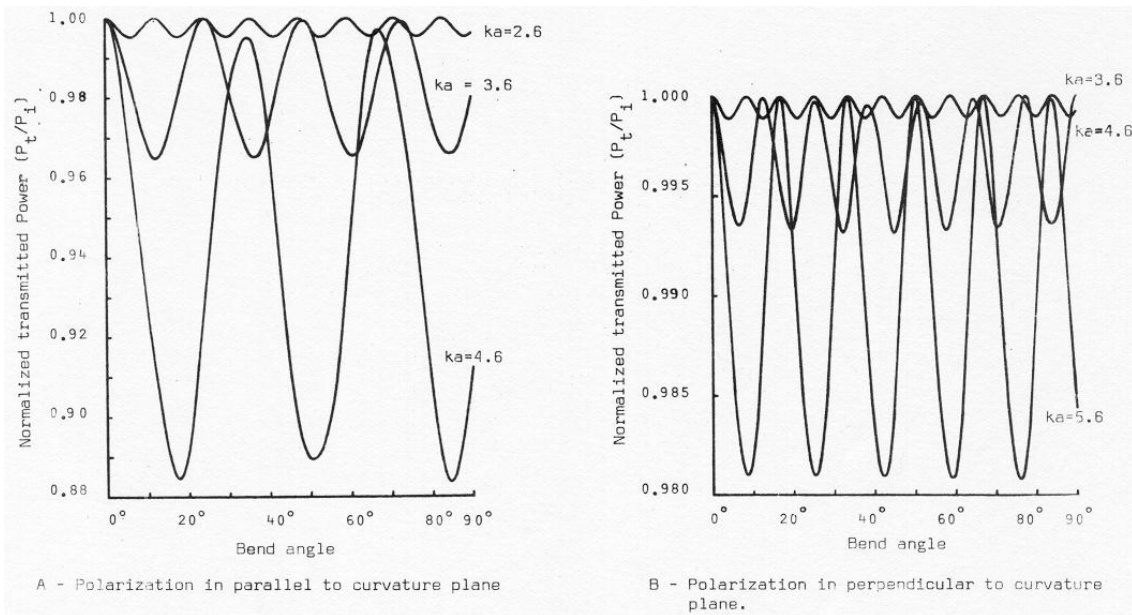


Figure 2 - Transmitted power by the two cross polarized modes at the output port of a bend of variable angle. Perturbation parameter :  $a/R = 2.779 \cdot 10^{-2}$ .

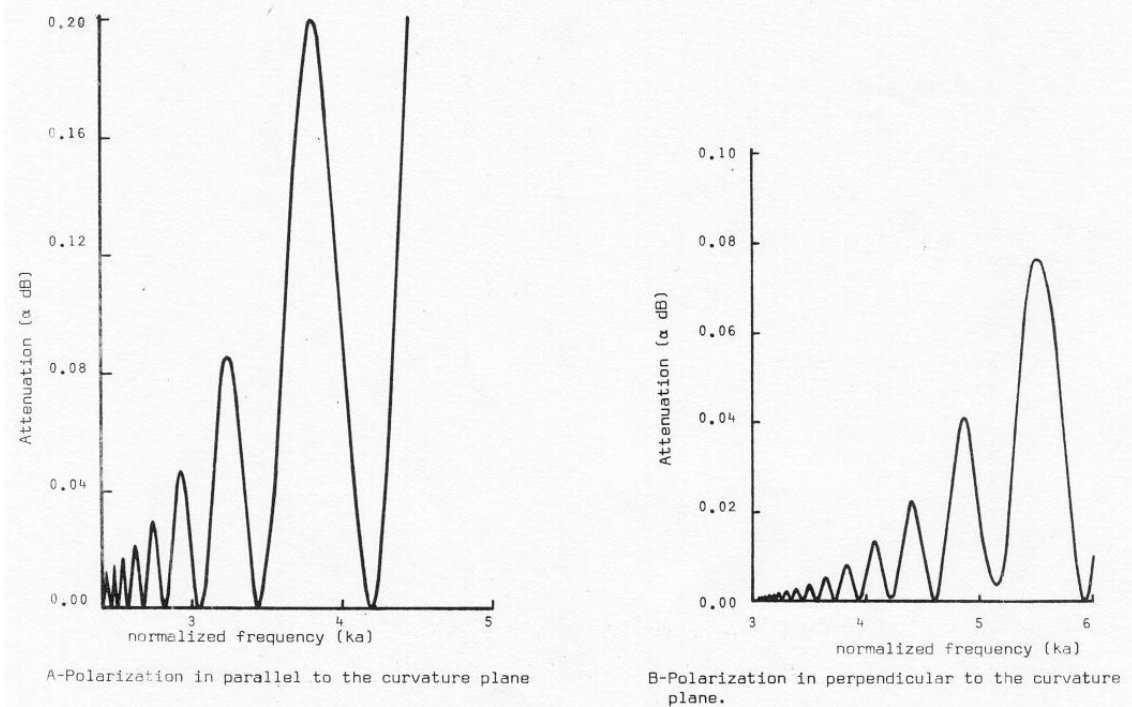


Figure 3 - Excess losses suffered by the two cross polarized modes at the output port of a  $90^\circ$  bend with  $a/R = 2.779 \cdot 10^{-2}$ .

CROSS-POLAR DISCRIMINATION BETWEEN THE FUNDAMENTAL MODES OF CURVED  
CIRCULAR WAVEGUIDES. APPLICATION TO FEEDER ANTENNAS.

I. ANDRITSOS - C. FRAY and A. PAPIERNIK \*

The fundamental  $TE_{11}$  mode of the circular waveguide is a low loss mode around a frequency 1,5 times its cutoff frequency. For instance, the attenuation of the WC 109 (diameter 27.79 mm) straight guide is about 4 dB/100 m at 10 GHz. This value is clearly lower than those for rectangular and elliptical waveguides (about 15 dB/100 m at 10 GHz). In feeder to tower-mounted antennas, circular waveguide not only minimises attenuation but also can simultaneously carry the  $TE_{11}$  mode with two polarizations. But, for the frequency band 10-14 GHz, the circular waveguide is slightly over-moded and the inevitable presence of bends causes generation of higher order modes which perturbs the  $TE_{11}$  mode propagation. In a previous theoretical study<sup>1-2</sup>, we have shown that the additional losses and the time delay deterioration are respectively less than 0.1 dB and 0.5 ns at the output port of a bend of radius curvature one meter for the WC 109 guide. These values being within the admissible limits, promise the possibility of using nonrigid circular waveguide as feeders to antennas. Further, in the case where two polarizations are used in a single waveguide, it is necessary to determine the coupling values.

Since the curvature radius  $R$  is much higher than the inner radius  $a$  of the guide, we selected the perturbation method to study the bend effect on the propagation of the  $TE_{11}$  mode and verified its validity by a matrix method. So, for the WC 109 guide, the perturbation method may be used in the frequency band 10-14 GHz for radii of curvature equal or up to 50 cm<sup>3</sup>. From this analysis we have shown that there exist two preferred directions of propagation into a bend :

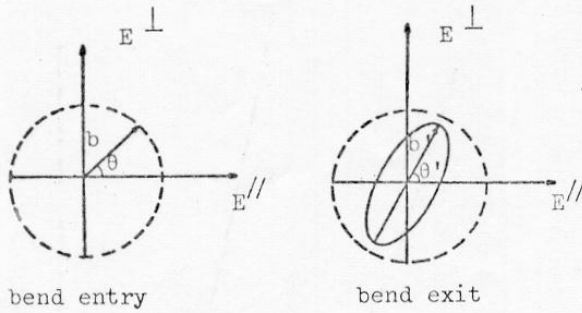
. the first denoted by  $E_{//}$  is in parallel with the curvature plane and the  $TE_{11}$  mode is coupled with the  $TM_{2q}$ ,  $TE_{2q}$ ,  $TM_{0q}$  modes

---

\* Laboratoire d'Electronique des Microondes, Equipe de Recherche Associée au CNRS, Université de LIMOGES, 87060 LIMOGES Cedex, France.

This work is supported by the "Centre National d'Etudes des Télécommunications"





-figure 1-

. the second denoted  $E^\perp$  is in the perpendicular direction and the  $TE_{11}$  mode is coupled with the  $TM_{2q}$ ,  $TE_{0q}$  modes.

Along these two directions, the propagation constants  $\gamma_{11}^{\parallel}$  and  $\gamma_{11}^{\perp}$  are different. So, when the orientation of the plane of the polarization of the  $TE_{11}$  mode is arbitrary at the bend entry (fig.1), the theo-

retical analysis does not pose any problem since it is simple to resolve the vectors along  $E^{\parallel}$  and  $E^\perp$  whose influence is known. At the output port of the bend of length (1), we obtained two components of electrical vectors whose complex amplitude is given by the following relations :

$$b_{11}^{\parallel}(1) = b \cos\theta \left\{ 1 + \frac{a^2}{R^2} T^{\parallel}(ka) \right\} e^{-j \gamma_{11}^{\parallel} l} ; \quad b_{11}^{\perp}(1) = b \cos\theta' \left\{ 1 + \frac{a^2}{R^2} T^{\perp}(ka) \right\} e^{-j \gamma_{11}^{\perp} l}$$

$b$  is the incident amplitude of the  $TE_{11}$  mode.  $\theta$  is the orientation of the incident linearly polarized wave with respect to  $E^{\parallel}$ .  $T^{\parallel}(\perp)(ka)$  is a complex function of the normalized frequency  $ka = \omega a/c$ , introduced by the parasite modes coupling to  $TE_{11}$  mode. So, at the bend exit (figure 1), the  $TE_{11}$  mode is slightly attenuated ( $b' < b$ ) and the direction of polarization somewhat rotated ( $\theta' \approx \theta$ ). In addition, the wave, initially linearly polarized, now becomes elliptically polarized. In the case of two linear polarized waves, this phenomena of elliptic polarization at the exit introduces coupling amongst them.

The additional losses according to  $E^{\parallel}$  and  $E^\perp$  are very low for curvature radius equal or up to one meter. They are oscillatory functions with several maxima and minima of amplitudes determined by the ratio  $a/R$  and  $ka$  in accordance with Jouguet<sup>4</sup>. The figure 2 presents an envelope of these maxima as a function of the normalized frequency for  $E^{\parallel}$  and  $E^\perp$ . For the WC 109 guide, it may be noted that the 10 to 14 GHz frequency band corresponds approximately to  $ka$  values between 3 and 4. Figure 3 shows the phase difference between the components along  $E^{\parallel}$  and  $E^\perp$  expressed by the relation :

$$\phi_p = \text{Arg} \{ b_{11}^{\parallel}(1) \} - \text{Arg} \{ b_{11}^{\perp}(1) \} \quad (\text{dotted lines})$$

and its reduced form when the imaginary part of  $T(ka)$  is neglected :

$$\phi_p = ( \gamma_{11}^{\parallel} - \gamma_{11}^{\perp} ) l \quad (\text{solid lines})$$

Latter formula predicts phase variation with good accuracy. These results show that coupling between polarized waves may be deduced from the following expressions :

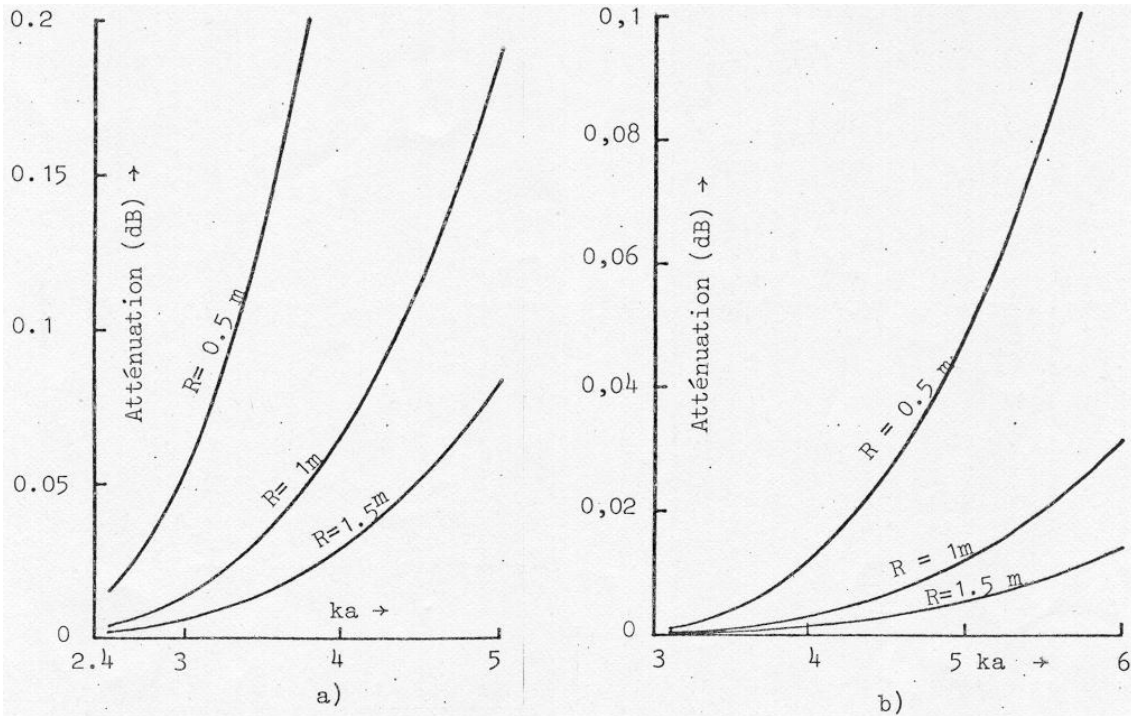


Figure 2 - Additional losses envelope as a function of the normalized frequency at the bend exit with  $2a = 27.79$  mm (WC 109 guide) :  
 a) along  $E_{//}$ , b) along  $E_{\perp}$

$$b_{11}^{//}(1) = b \cos\theta e^{-j\gamma_{11}^{//} l} \quad ; \quad b_{11}^{\perp}(1) = b \cos\theta e^{-j\gamma_{11}^{\perp} l}$$

Cross-polar discrimination coefficient defined by the relation :

$$D(\text{dB}) = -20 \log (\text{minor axis} / \text{major axis})$$

is shown in figure 4 as a function of normalized frequency for various values of  $\theta$  in the case of a  $90^\circ$  bend in a WC 109 guide of curvature one meter. When  $\theta$  is equal to zero or  $\pi/2$ , the coupling does not appear because the two linearly polarized waves propagate along the preferred direction  $E_{//}$  and  $E_{\perp}$ . When  $\theta$  is different from zero the coupling appears and reaches a maximum value for  $\theta = 45^\circ$ .

The utilization of nonrigid circular waveguides as feeders to tower mounted antennas above 10 GHz is a feasible proposition because the additional losses and the group delay deteriorations at the bend exit fall within the admissible limits in the case of  $TE_{11}$  mode. However, in the case where two polarizations are used in a single waveguide, it is necessary their orientations are closed to the symmetric axis of the bends in order to keep cross-polar discrimination below 30 dB.

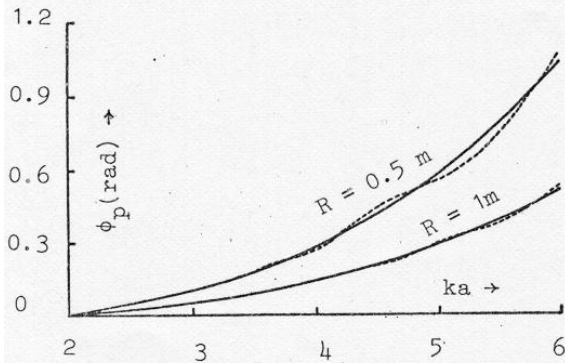


Figure 3 - Phase difference between the components  $E_{//}$  and  $E_{\perp}$  at  $90^{\circ}$  bend exit for the WC 109 guide.

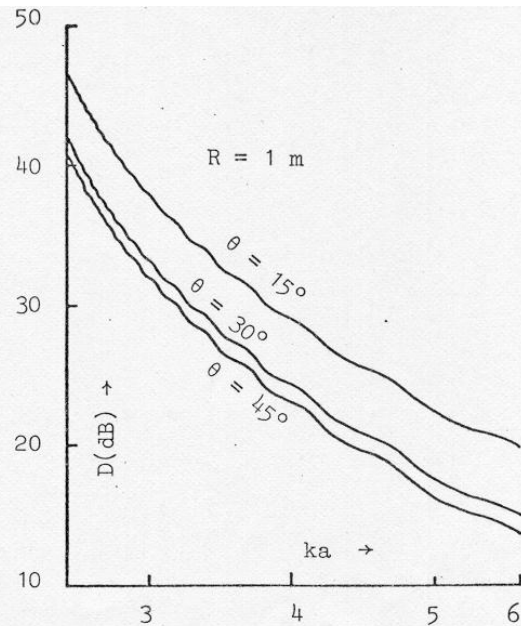


Figure 4 - Cross-polar discrimination at a  $90^{\circ}$  bend exit for the WC 109 guide.

#### REFERENCES

1. C. FRAY, I. ANDRITSOS, A. PAPIERNIK : "Excess loss of  $TE_{11}$  modes in curved circular waveguide" Second international Conference on "Antennas and Propagation" IEE, University of YORK, GREAT-BRITAIN, 13th-16th April 1981.
2. C. FRAY, I. ANDRITSOS, A. PAPIERNIK : "Additionnal losses and time delay fluctuations of  $TE_{11}$  modes in curved circular waveguides - application to feeder antennas" Electronic Letters, 28th may 1981, vol.17 n°11 pp.362-364.
3. I. ANDRITSOS : "Propagation du mode  $TE_{11}$  dans un guide circulaire courbé" Thèse de 3è cycle, février 1981, Faculté des Sciences de LIMOGES -France-.
4. M. BRAYER, J. YHUEL : "Etude en courbure des guides d'ondes à grande distance - cas de guides métalliques". Annales des Télécommunications. Sept. - Oct. 1972 pp. 363-392.