

## Préambule

Après avoir pendant près de vingt ans, enseigné des cours du soir au CNAM de Nice, (Conservatoire National des Arts et Métiers), cycle B, filière électronique et ceci dans tous les domaines de l'électronique au sens large, ainsi que des cours de télécommunication à l'IUT Génie des Télécommunications et Réseaux de Nice Sophia Antipolis, il m'a semblé indispensable de transmettre toute cette connaissance aux auditeurs intéressés et de la rendre plus pérenne à travers cette édition. Ceci d'autant plus qu'elle a été élaborée avec un esprit pédagogique de professeur d'université, associé à l'approche plus pragmatique et pratique du responsable de laboratoire d'une grande entreprise industrielle française, ce qui devrait la rendre plus attrayante et qui fait une grande partie de son intérêt.

L'architecture générale adoptée constitue une collection intitulée *Electronique pour le traitement du signal*. Elle comprend huit volumes, chaque volume s'appuie sur un certain nombre de chapitres, traitant chacun d'un sujet spécifique et comportant des exercices variés ainsi que leurs corrections détaillées. Ces différents chapitres ont été constitués à partir des notes personnelles de l'auteur prises pendant son cursus au CNAM de Nice avec ses différents professeurs, qu'ils soient tous vivement remerciés ici pour les connaissances qu'ils ont su si généreusement lui dispenser, en particulier Jean Paul Marage, professeur CNAM et ami, sans qui rien n'aurait été possible, ainsi que des synthèses de certains chapitres des documents de la bibliographie générale proposée qui accompagne chaque volume.

L'objectif principal de cette collection est de donner un outil pratique à la portée de tous les étudiants des cycles de niveau B3 ou licence professionnelle, soit du premier cycle des études supérieures, ainsi qu'aux élèves des écoles d'ingénieurs, qui leur permettra d'appréhender les concepts principaux utilisés pour mettre en œuvre les moyens modernes de traitement du signal appliqué aux télécommunications et pour préparer dans les meilleures conditions, la poursuite de leurs études. Pour cela elle a été élaborée dans un esprit pédagogique de cours magistral, de manière à faciliter sa lecture et son assimilation. Les développements mathématiques sont volontairement limités et traités avec la rigueur suffisante pour la compréhension des outils utilisés. Les principaux concepts sont développés de manière homogène, ce qui doit permettre au lecteur intéressé d'avoir une vue complète sur ces derniers et de les approfondir s'il le souhaite à l'aide de la bibliographie fournie, qui contient la plupart des références encore unanimement reconnues dans les domaines concernés.

Le volume 7 qui est proposé ici, aborde l'électromagnétisme sous l'aspect de ses applications pratiques.

Son titre est *Electromagnétisme*. Il est constitué de deux chapitres. Après une introduction synthétique à l'électromagnétisme où les lois de base à travers les équations de Maxwell sont explicitées, une introduction à l'électronique des impulsions et à la théorie des lignes est développée. Elle permet, à travers les concepts des systèmes à constantes réparties, de bien appréhender la nécessité de maîtriser les impédances caractéristiques dans les systèmes modernes de télécommunications qui travaillent à des fréquences de plus en plus élevées.

Le volume 1, sert d'introduction et propose des outils pour aborder les autres volumes dans de bonnes conditions.

Son titre est *Outils mathématiques et espaces transformationnels*. Il est constitué de neuf chapitres, qui précisent de manière synthétique et pratique, les outils habituellement utilisés dans ce domaine et qu'il est indispensable de connaître. On y trouve donc une approche sur

les espaces de signaux, la notion de convolution associée et son extension à la distribution de Dirac, l'opération de corrélation qui prépare aux signaux aléatoires, le calcul transformationnel avec la transformée et la série de Fourier, la fonction de la variable complexe avec la transformée de Laplace, comme outil fondamental pour l'analyse des réseaux et circuits linéaires. La transformée en Z est aussi développée comme outil fondamental d'étude des systèmes numériques discrets et prépare aux techniques de filtrage numériques étudiées dans le volume 5.

Le volume 2 concerne tout ce qui se rapporte à la notion de signal.

Son titre est *Notions de signal et de bruit*. Il est constitué de trois chapitres, avec une approche sur la notion de bruits que l'on ne peut dissocier de celle de signal, la distinction entre signaux déterministes et aléatoire ou processus stochastiques, ainsi que la notion de linéarité, de circuit linéaire et fonction de réseaux associée.

On y trouvera donc toutes les propriétés des fonctions de réseaux en régime isochrone ou isomorphe, les techniques de détermination des modules et phase connaissant  $F(p)$  ou les parties réelles et imaginaires et l'extension à la notion d'immittance à caractère positif réel, pour établir les techniques de synthèse des structures physiquement réalisables.

Ensuite la théorie des probabilités, la notion de variable aléatoire à une et deux dimension préparera au concept de fonction ou processus aléatoire avec une application particulière aux processus discrets utilisés dans les systèmes numériques.

La notion de bruit est ensuite développée à travers la notion de facteur de bruit et source équivalent de bruit et les calculs associés en fonction des différentes sources de bruit analysées.

Le volume 3 développe tout l'aspect des opérations de filtrage analogiques.

Son titre est *Circuits linéaires*. Il est constitué de quatre chapitres. Les modèles mathématiques des fonctions de transferts en « p » avec les approximations classiques de Butterworth, Tchebychev, Papoulis et Legendre pour les filtres à temps de propagation de groupe y sont développées. Ensuite les notions de stabilité des fonctions de transferts en « p » et en « z » associées, sont étudiées à travers le critère de Nyquist, de Hurwitz, de Routh et la détermination du lieu d'Evans. Avec comme application la synthèse des filtres actifs RC, qui sont les plus utilisés car plus faciles en mettre en œuvre technologiquement, à l'aide de structures à amplificateurs opérationnels et convertisseurs d'impédance. La synthèse des filtres passifs LC utilisés en filtrage de puissance par exemple, comme évoqué dans le volume 8 qui traite de la Compatibilité ElectroMagnétique (CEM) est développée avec la synthèse des dipôles LC, RC de Foster et de Cauer ainsi que celle des quadripôles passifs avec Darlington. Une approche de synthèse des fonctions de transfert est aussi proposée.

Le volume 4 aborde les techniques de modulation.

Son titre est *Techniques de modulation*. Il est constitué de quatre chapitres. Après une introduction à la notion de signal analytique nécessaire pour la modulation BLU, les trois types de modulations classiques, linéaires, non linéaires, discrètes et numériques sont développées, avec l'analyse des circuits usuels de leur mise en œuvre.

On y trouvera donc la modulation d'amplitude avec et sans porteuse, la modulation à bande latérale unique, la modulation de phase et de fréquence, les modulations d'impulsions en amplitude, position, durée, fréquence et intervalle. L'étude des rapports signal à bruit est faite dans le cas des signaux déterministes et aléatoire.

Les modulations numériques sont présentées avec les convertisseurs analogique numérique (CAN) et numérique analogique (CNA), à simple et double rampe, à intégrations successives et autres dans un premier temps. Ensuite la technique de modulation par

impulsion ou codage MIC est développée pour finir avec les convertisseurs à suréchantillonnage comme le codage delta, sigma delta à compression et adaptatif qui sont les techniques modernes de plus en plus utilisées.

Le volume 5 qui est proposé ici, développe les outils principaux qui permettent de comprendre les systèmes modernes de télécommunications.

Son titre est *Théorie de l'information et du codage*, il est constitué de trois chapitres.

La théorie de l'information avec le codage de source à travers les algorithmes de Fano et Huffman et la théorie du codage de canal (détecteur et correcteur d'erreurs) avec l'étude des codes en blocs, cycliques et convolutifs y sont développées, pour mener finalement au traitement analogique et numérique du signal avec son application en télécommunication, domaine on ne peut plus d'actualité.

On y trouvera donc la théorie de l'échantillonnage comme discrétisation dans le temps et la théorie de la quantification comme discrétisation en amplitude, avec l'estimation des erreurs associées. Les limitations du canal de transmission avec le théorème de Nyquist est aussi développée ainsi que les techniques d'égalisation usuelles.

Seront précisés aussi les deux modes de transmission usuels, la transmission en bande de base avec tous les modes, RZ, NRZ, Bi phase, HDB<sub>n</sub>, entrelacés, etc. et la transmission sur fréquence porteuse avec les techniques de modulations analogiques discrètes comme les modulations FSK et PSK multivalence ainsi qu'une approche sur les probabilités d'erreurs associées à travers la notion d'espace de signal.

Les problèmes importants de récupération d'horloge et de synchronisation seront précisés.

Le volume 6 traite du filtrage numérique.

Son titre est *Filtrage numérique*. Il est constitué d'un seul chapitre et de sept travaux pratiques sur Matlab comme exercices de mise en application, avec les corrections associées. On y trouvera en préalable la transformée de Fourier discrète (TFD) et sa relation avec la transformée en Z (TZ), ainsi que la notion de transformée de Fourier rapide (TFR) qui prépare au filtrage numérique. La synthèse des filtres à réponse impulsionnelle finie RIF et infinie RII avec les méthodes à échantillonnage et les techniques de fenêtrage associées, à réponse impulsionnelle, à transformation bilinéaire. Une approche sur les erreurs et tronçures, débordement est aussi proposée.

Les travaux pratiques proposés sont orientés pour la mise en évidence et la résolution des problèmes classiques rencontrés dans ce domaine.

- TP1 – « Systèmes numériques »,
- TP2 – « Analyse de signaux échantillonnés »,
- TP3 – « Transformée de Fourier Discrète »,
- TP4 – « Echantillonnage et quantification »,
- TP5 – « Signal aléatoire »,
- TP6 – « Synthèse RIF »,
- TP7 – « Synthèse RII ».

Enfin le volume 8 s'intitule *Compatibilité ElectroMagnétique* (CEM), domaine encore trop peu exposé dans les cours traditionnels et qu'il est absolument indispensable de prendre en compte dans les réalisations industrielles de tout système électronique. En effet, le passage du théorique au pratique nécessite de prendre en compte l'environnement perturbé dans lequel on baigne, ainsi que les limitations physiques de tous les paramètres et matériaux qui interviennent dans les phases de conceptions et qui sont à l'origine des perturbations et dysfonctionnement que l'on peut rencontrer en phase d'installation. De plus les réalisations industrielles sont toujours soumise à des Spécifications Techniques de Besoin (STB), qui

appellent toutes des documents normatifs civils ou militaires qui évoquent des normes de CEM, qu'il est donc indispensable de connaître dans le monde du travail.

Les chapitres de chaque volume sont accompagnés d'exercices qui sont généralement de difficulté croissante. Ceci de manière à bien comprendre dans un premier temps, les concepts de base, pour ensuite proposer des applications un peu plus complexes que l'on peut rencontrer en pratique et qui mettent en œuvre les outils développés dans tout le manuel. Les concepts de base des cours y sont rappelés de manière synthétique, avec des prolongements complémentaires sur des outils ou des applications spécifiques aux thèmes des cours et qui n'ont pas été développé dans le corps du cours proprement dit. Les corrections sont volontairement détaillées pour faciliter la compréhension du lecteur, car c'est ce que j'aurais aimé y trouver lorsque j'étais encore étudiant. Quelques exercices demandent à utiliser le tableur Excel, à la portée de tous, de manière à vérifier les calculs faits « à la main » et montrer le bien fondé des méthodes employées. Il n'est pas toujours nécessaire en effet, d'utiliser des moyens lourds pour effectuer la plupart des calculs proposés. C'est de plus un bon moyen pédagogique pour bien appréhender les concepts mis en œuvre.

J'ai l'intime conviction, de par les retours favorables des auditeurs et étudiants pendant toutes ces années, que ce cours, qui couvre une grande partie de l'électronique au sens général, sera extrêmement utile pour ceux dont la motivation d'apprendre est suffisante pour l'appréhender, l'étudier et pratiquer les nombreux exercices qui y sont proposés.