
Avant-propos

Le volume 4 de l'ouvrage présente une conséquence néfaste de la commutation dans les convertisseurs électroniques de puissance que l'on étudie dans le cadre d'un domaine appelé « compatibilité électromagnétique ». Dans le tout premier volume, nous avons vu que le régime de commutation utilisé dans les convertisseurs pouvait sembler réducteur en termes de degrés de liberté dans le contrôle de la puissance transitant entre une source d'alimentation et sa charge. Néanmoins, il s'avérait pleinement satisfaisant dès lors que la charge présentait une inertie suffisante pour ne pas être impactée par le découpage des tensions ou des courants. Une fois cette difficulté conceptuelle dépassée, le gain apporté en termes d'efficacité énergétique et de diminution des pertes (avec les gains de volume et de poids induits sur le convertisseur) se révèle être considérable. Malheureusement, le tableau s'avère incomplet si l'on occulte les nuisances électromagnétiques produites par les interrupteurs électroniques en régime de commutation car ces derniers sont rapides (commutant en des temps inférieurs à la microseconde de manière générale et parfois très nettement dans les applications à haute fréquence telles que les alimentations à découpage modernes) et fonctionnent à un rythme de plus en plus élevé (de quelques centaines de hertz dans les applications ferroviaires en très forte puissance à quelques mégahertz dans les applications à puissance modérée comme certaines alimentations à découpage fortement miniaturisées). Dans ces conditions, les fortes variations temporelles des tensions et des courants (parfois élevés) sont sources de champs électriques et magnétiques variables capables de générer des perturbations sur des équipements électroniques plus ou moins proches (parfois des sous-systèmes du convertisseur lui-même). La compatibilité électromagnétique peut alors être vue comme l'étude des mécanismes de perturbation qui peuvent exister entre un équipement perturbateur (source) et un équipement perturbé (victime). Sur cette base, des « règles de bon voisinage » sont établies afin de garantir un fonctionnement harmonieux de divers équipements proches. Cette dimension normative, bien qu'évoquée au chapitre 1, ne constituera pas le cœur de volume

qui sera plutôt orienté vers l'étude des mécanismes de perturbation et sur les outils permettant de les contrer.

Dans un premier chapitre, les sources de perturbations sont présentées en incluant non seulement les sources artificielles telles que des interrupteurs électroniques en régime de commutation mais aussi des perturbations naturelles (foudre et électricité statique portée par le corps humain). Bien évidemment, l'élément-clé de ce chapitre sera la forme d'onde MLI (modulation de largeur d'impulsions) qui est la source la plus fréquemment rencontrée de perturbations dans un convertisseur électronique de puissance : sa modélisation spectrale sera développée, en particulier avec une approche non classique en électronique de puissance faisant usage du principe d'incertitude d'Heisenberg, bien connu en mécanique quantique et en théorie du signal, pour analyser la dualité entre les notions de dispersion temporelle et dispersion fréquentielle d'un signal.

Les deux autres chapitres sont, quant à eux, focalisés sur les chemins empreintés par les perturbations électromagnétiques entre leur source et leur victime. Dans le chapitre 2, nous traiterons des perturbations conduites ou plus généralement des perturbations utilisant des couplages électriques à constantes localisées. Dans ce cas, la propagation peut se modéliser par un schéma électrique équivalent (incluant éventuellement des capacités ou des inductances mutuelles parasites mais aussi des impédances communes lorsque les circuits sont liés galvaniquement). Dans le chapitre 3, par contre, nous traiterons de mécanismes de propagation dont la dimension spatiotemporelle ne peut être réduite (si ce n'est en introduisant une cascade de circuits électriques élémentaires pour tenir compte de la vitesse non infinie de propagation des champs et/ou des tensions et courant le long du canal de propagation). On retrouvera donc bien évidemment dans ce cadre les perturbations rayonnées bien que le découpage entre les chapitres 2 et 3 ne soit pas complètement établi sous la forme classique de séparation des perturbations conduites et perturbations rayonnées comme c'est le cas classiquement dans un cours de compatibilité électromagnétique.

Pour finir, deux annexes complètent ce volume. Il s'agit d'annexes déjà présentes dans les volumes précédents : la première est un formulaire générale d'électrotechnique (présent dans les volumes 1, 2 et 3). Dans le présent volume, il s'avère important pour les rappels donnés sur les équations de Maxwell. La deuxième annexe est, quant à elle, le rappel d'analyse spectral déjà présent dans le volume 2 dans la mesure où la transformation de Fourier est un outil-clé mis en œuvre dans le premier chapitre de ce volume.