

Conclusion générale

En tant qu'électroniciens, notre étude consiste à la modélisation opérationnelle des composants optoélectronique constituant une ligne de transmission optique, afin de trouver la méthode pour les intégrer dans un outil de conception moderne. Dans notre travail nous avons pu créer avec le simulateur "Smash" du « Dolphin Integration » plusieurs modèles complexes, fortement multidisciplinaires de composants optoélectroniques. Le procédé de conception que l'on a utilisé est le "Top-down", car il part d'une vue extérieure du composant et à chaque étape de l'analyse il s'enfonce un peu plus dans une vue détaillée du système jusqu'à ce que l'on ait atteint le niveau de détail suffisant pour remplir nos objectifs.

Nous avons choisi le langage de simulation VHDL-AMS, pour supporter les étapes de modélisation et de simulation nécessaires en prenant en compte les différents domaines technologiques utilisés, mais surtout les interactions entre ces domaines. Au lieu d'utiliser plusieurs outils, le langage VHDL-AMS permet de décrire toutes les étapes, du haut niveau fonctionnel jusqu'à la modélisation du bruit. La richesse de ce langage et les méthodes d'instanciation de composants en font un outil permettant d'aborder la modélisation sous plusieurs angles et d'atteindre plusieurs niveaux d'abstraction au sein d'un même modèle. L'utilisation généralisée de ce langage facilite la communication entre les différents domaines scientifiques grâce à son approche multi-domaines qui permet aussi bien à un électronicien qu'à un physicien ou même un chimiste de modéliser la partie d'un dispositif qui le concerne directement sans problèmes de dialogue avec les autres parties.

Nous avons modélisé les trois blocs d'une ligne de transmission optique avec les sous-ensembles optiques qui assurent le couplage passif de la fibre optique avec les composants optoélectroniques d'émission et de réception en prenant en compte les domaines suivants : l'électronique, l'optoélectronique, l'optique et la thermique. Les spécifications de notre système sont écrites sous forme d'équations afin de modéliser le comportement du système complet sans tenir compte de la réalité physique. Nous avons d'abord présenté une analyse statique (DC) pour trouver les caractéristiques usuelles du VCSEL telles que la puissance optique, le nombre de porteurs et le nombre de photons en fonction du courant d'injection. Par la suite, nous avons modélisé le VCSEL en régime dynamique, où nous avons utilisé trois types de courants d'injection: un courant sinusoïdal, un courant carré et enfin un courant pseudo-aléatoire. Après une comparaison des trois résultats, nous avons constaté que le même comportement est observé dans les trois cas. Afin de séparer le niveau bas du niveau haut du

Conclusion générale

signal transmis, un signal carré a été choisi comme courant d'injection et améliorer l'efficacité de nos modèles, nous avons modélisé en deuxième position l'augmentation de la température dans le VCSEL produite par la différence entre l'énergie électrique consommée et la puissance optique générée. Nous avons démontré que l'influence de la température sur les paramètres de base du VCSEL est importante. Ensuite, nous avons étudié l'influence du bruit sur le VCSEL en ajoutant les forces de Langevin ($F_N(t)$ et $F_S(t)$) comme sources de bruit, qui sont des fonctions aléatoires dans le temps. Elles décrivent le nombre de porteurs et de photons à travers le processus d'émission spontanée et la relaxation des porteurs.

Pour servir le canal de transmission, nous avons modélisé les trois types de la fibre optique par la création d'un modèle propre à chaque type, en prenant en compte l'effet de l'atténuation, de la dispersion modale et de la dispersion chromatique. Nous avons créé un modèle du bloc de réception, en utilisant les équations physiques qui caractérisent la photodiode PIN utilisée. Finalement, nous avons relié entre les différents modèles des trois blocs pour modéliser le système complet à travers un 'Test-bench' spécifique à notre ligne de transmission optique. Les résultats de simulation obtenus des modèles VHDL-AMS sont comparables par rapport aux autres résultats publiés dans la littérature, ils sont également compatibles avec le fonctionnement d'une ligne de transmission optique.

Cette étude permet de créer une bibliothèque riche et bien documentée de modèles fiables de composants optoélectroniques. Ainsi, la simulation effectuée au plus bas niveau nous a permis de développer et d'améliorer des modèles très proches de la réalité physique correspondant aux besoins des concepteurs et des développeurs. Ils leur permettent de mettre en évidence les forces et les faiblesses de leurs systèmes. Également, nos modèles peuvent s'adresser aux industriels afin de leur permettre de simuler facilement l'intégration de ces derniers dans leurs systèmes. Enfin, nos modèles sont conçus de manière à être réutilisables (génériques) pour envisager l'élaboration de la génération suivante des composants optoélectroniques.

Dans notre modélisation, nous avons pu modéliser les grandeurs optiques qui sont régulièrement beaucoup plus grandes qu'on trouve habituellement dans le domaine électronique, telles que la densité de porteurs et de photons. Cet avantage nous a protégé contre l'erreur de non-convergence. D'après notre étude, nous pensons que la modélisation des systèmes complexes, qui est une nécessité pour les entreprises, est réalisée grâce aux langages de modélisation comme VHDL-AMS à condition de savoir mettre en relation des

Conclusion générale

spécialistes d'horizons divers en respectant les étapes méthodologiques de conception et de validation des modèles.

Nos travaux ouvrent de nombreuses perspectives aussi bien au niveau simulations d'autres composants optoélectroniques utilisés dans les systèmes de communication numériques modernes, qu'au niveau de l'intégration de nos modèles dans la simulation et la conception des systèmes de multiplexage par la longueur d'onde (WDM). Ainsi, nous voudrions simuler les composants utilisés dans la conception des systèmes des énergies renouvelables à base des nouveaux matériaux.