
Techniques et Systèmes de Transmission sans fils

Livret APP : 1. Conception
d'une antenne pour une
application WCDMA
2. Dimensionnement et
planification d'un réseau
cellulaire UMTS

Alexandre Boyer

INSA de Toulouse

Octobre 2011

I. Objectifs d'apprentissage

Les télécommunications sans fils utilisent le canal hertzien comme support de transmission. Or, celui-ci est une source importante de perturbations pour le signal et contribue à le dégrader fortement. Afin de garantir une transmission avec le moins d'erreurs, il est nécessaire de dimensionner correctement l'interface radio du système de télécommunication. Le dimensionnement consiste à choisir le matériel nécessaire (antenne, amplificateur, câble, ...) et à optimiser les paramètres associés (choix des sites, orientation des antennes, sélection des puissances, capacité maximale, ...). Cependant, afin de ne pas surdimensionner ou sous-dimensionner l'interface radio, il est nécessaire de connaître les principales sources de perturbations, savoir les modéliser et évaluer leur impact sur la qualité d'une communication.

Ce cours aborde la problématique de dimensionnement des systèmes de télécommunications sans fils, et vise à :

- connaître le matériel associé aux interfaces radio et l'impact de leurs propriétés sur les performances du système. L'accent sera mis sur l'antenne qui constitue l'élément principal de l'interface radio.
- comprendre les perturbations liées à la propagation du signal dans le canal hertzien et connaître les principaux modèles.
- utiliser des outils permettant de prendre en compte ces problèmes lors de la conception et du déploiement de systèmes de télécommunication.

Dans le cadre de cet APP, nous nous focaliserons sur des problèmes liés à la téléphonie cellulaire de troisième génération UMTS, nous travaillerons sur le thème du dimensionnement d'une interface radio WCDMA.

Compétences scientifiques et techniques

- Savoir expliquer le fonctionnement d'une antenne
- Décrire l'effet des caractéristiques principales d'une antenne (gain, diagramme de rayonnement, angle d'ouverture, bande passante...)
- Connaître les principaux types d'antennes utilisées dans les systèmes de télécom sans fils
- Savoir dimensionner une antenne afin de respecter un cahier des charges
- Savoir calculer les champs électromagnétiques à proximité d'une antenne émettrice et vérifier le respect des normes d'exposition aux ondes électromagnétiques
- Décrire les différents modes de propagation dans un canal hertzien et les effets parasites sur le signal transmis
- Connaître les principaux modèles de propagation (Friis, Okumura-Hata, modèle empirique, ...)

- Savoir dimensionner et planifier une interface radio de manière à respecter des contraintes de couverture, de capacité et de qualité de service

II. Planning de l'activité

Cet enseignement est réalisé sous la forme d'un apprentissage par projet (APP). Les notions scientifiques et techniques sont à acquérir par les étudiants, en autonomie et par le travail de groupe, autour d'un projet. Le mode de travail en APP nécessite une organisation de groupe particulière, décrite dans la partie V de ce document.

Cet APP est divisé en deux parties :

- le problème 1 de 13 h portant sur le dimensionnement d'une antenne de station de base pour un réseau cellulaire 3G
- le problème 2 de 21 h portant sur le dimensionnement et la planification d'un réseau radio WCDMA

III. Planning détaillé – Description des séances

1. Problème 1 : conception d'une antenne pour une application UMTS

a. Objectifs

- déterminer les principales caractéristiques d'une antenne
- expliquer leur influence sur les performances d'un système de télécoms sans fils
- calculer le rayonnement d'une antenne

b. Documents

Pour vous aider à réaliser cette tâche, les documents suivants vous sont mis à disposition sur www.alexandre-boyer.fr/enseignements-alex.htm :

- Cours d'Antennes
- Documentation du logiciel FEKO

N'hésitez pas aussi à consulter les documents suivants (Techniques de l'ingénieur) :

- « [Antennes – Bases et Principes](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/electronique-photonique-th13/electronique-ti350/antennes-e3280/) » (<http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/electronique-photonique-th13/electronique-ti350/antennes-e3280/>)
- « [Antennes – Techniques](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/ti350-electronique/download/e3284/antennes.html?execution=e3s1) » (<http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/ti350-electronique/download/e3284/antennes.html?execution=e3s1>)
- « [Antennes imprimées – Bases et Principes](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/ti350-electronique/download/e3310/antennes-imprimees.html?execution=e5s1) » (<http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/ti350-electronique/download/e3310/antennes-imprimees.html?execution=e5s1>)

c. Evaluation

Le travail sur le problème 1 sera évalué par un compte-rendu écrit par chaque groupe à la fin du problème (le 2 novembre). Le compte rendu devra suivre le format d'un rapport type.

d. Détails par séance

Vendredi 7 octobre 2011	Séance tuteurée 1	Séance de démarrage problème 1	1h15
Objectif	Prendre connaissance du dispositif, réflexion sur les concepts de base des antennes		
Production			
Consigne 	<p>Partie 1 (20') : Présentation de l'APP et formation des groupes de 4 élèves.</p> <p>Partie 2 (20') : Réflexion de groupe autour de la question suivante : « Quelles sont les principales caractéristiques que doit présenter une antenne dans le cadre d'une radiocommunication ? »</p> <p>Partie 3 (20') : Distribution de l'énoncé du problème 1 Lire l'énoncé du problème et identifier les termes inconnus et en faire le lien avec la partie 2</p> <p>Partie 4 (15') : Distribution d'éléments de cours et des guides d'utilisation des logiciels. A partir des éléments de cours distribués lister l'ensemble des notions à acquérir et bâtir un plan d'action</p>		
Travail personnel pour la séance suivante.	Lecture du cours, clarification des notions inconnues pour démarrer le travail de conception de l'antenne.		

Vendredi 7 octobre 2011	Séance tuteurée 2	Choix du/des design d'antenne	1h15
Objectif	Proposer un ou plusieurs designs pour l'antenne à réaliser		
Production	Structure et dimensions théoriques de l' (des) antenne retenue(s)		
Consigne 	A partir du choix de la structure d'antenne susceptible de répondre au cahier des charges. Faire un premier dimensionnement théorique. Etablir un plan d'action pour l'étape de simulation sous FEKO.		

Mercredi 12 octobre 2011	Séance de simulation 1	Prise en main du logiciel FEKO et simulation d'une antenne patch	2h45
Objectif	A l'aide du logiciel FEKO, être capable de concevoir une antenne patch et simuler ses principales caractéristiques		
Production	Prise en main de FEKO Simuler une antenne patch rectangulaire Lister les éléments influant sur les caractéristiques de l'antenne. Fournir au tuteur une liste de questions pour le cours de restructuration		
Consigne 	A l'aide du logiciel de simulation électromagnétique Feko, réaliser une antenne patch en optimisant par simulation les dimensions géométriques de façon à répondre aux spécifications de l'énoncé. Travail effectué en binôme.		

Vendredi 14 octobre 2011	Séance tuteurée 3	Cours de restructuration 1	1h15
Objectif	Résoudre les difficultés rencontrées par chaque binôme		
Consigne 	Le tuteur répond aux questions non résolues		

Vendredi 14 octobre 2011	Séance de simulation 2	Optimisation de l'antenne patch	2h45
Objectif	Optimiser l'antenne patch et vérifier si l'ensemble des caractéristiques pourront être atteintes.		
Production			
Consigne 	Optimiser l'antenne patch (dimensions, alimentation) et calculer l'ensemble des caractéristiques demandées d'un élément rayonnant. Est-il possible de respecter le cahier des charges ?		

Mercredi 26 octobre 2011	Séance tuteurée 4	Point d'avancement	1h15
Objectif	Faire le point en groupe sur la première simulation. Solutions pour améliorer les performances de l'antenne.		
Production			
Consigne 	Chaque groupe fait le point sur les résultats de simulation des motifs d'antenne sélectionnés, s'assure que l'ensemble des caractéristiques attendues de l'antenne ont été simulée ou comprise, et analyse l'accord de ces résultats avec les résultats théoriques et les compare aux spécifications attendues. Si les caractéristiques obtenues en simulation ne respectent pas le cahier des charges, proposez des modifications de la structure de l'antenne.		

Mercredi 26 octobre 2011	Séance de Simulation 3	Fin de la conception de l'antenne	2h45
Objectif	Finir le travail de conception de l'antenne		
Production	Finir le travail de simulation et de conception de l'antenne, afin de rendre le rapport de conception à la séance suivante.		
Consigne 	Chaque groupe poursuit le travail de conception de l'antenne afin de délivrer le rapport de conception en fin de séance. Avant la prochaine séance, aller chercher à la bibliothèque le livre « WCDMA FOR UMTS » Harri Holma, Wiley.		

2. Problème 2 : Dimensionnement et planification d'un réseau cellulaire UMTS

a. Objectifs

- Etablir le bilan de liaison et déterminer la capacité d'un réseau UMTS (en liaison montante et descendante)
- Utiliser des modèles de propagation pour déterminer la couverture radio
- Comprendre et optimiser les paramètres de l'interface radio UMTS pour améliorer la capacité et la couverture

b. Documents

Pour vous aider à réaliser cette tâche, le livre suivant est mis à votre disposition : « WCDMA FOR UMTS » Harri Holma, Wiley. Les documents suivants vous sont mis à disposition sur www.alexandre-boyer.fr/enseignements-alex.htm :

- Documentation du logiciel NPSW

N'hésitez pas aussi à consulter les documents suivants (Techniques de l'ingénieur) :

- « Réseaux cellulaires – Système UMTS » (<http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/technologies-de-l-information-th9/reseaux-cellulaires-42288210/reseaux-cellulaires-te7368/>)
- « Propagation des ondes radioélectriques des réseaux terrestres » (<http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/electronique-photonique-th13/electromagnetisme-propagation-42277210/propagation-des-ondes-radioelectriques-des-reseaux-terrestres-e1162/>)

c. Evaluation

Le travail sur le problème 2 sera évalué par deux comptes-rendus écrits traitant :

- De la partie dimensionnement
- De la partie planification

Le premier rapport sera rendu le 30 novembre et le second rapport le 4 janvier. Le choix du format du compte-rendu est laissé aux étudiants. Néanmoins, ceux-ci doivent expliquer précisément les processus de dimensionnement et de planification et détailler les calculs associés.

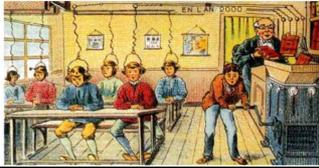
d. Compréhension du problème

Mercredi 2 novembre 2011	Séance tuteurée 5	Debriefing problème 1 Séance de démarrage problème 2	1h15
Objectif	Rendre le rapport du problème 1. Eléments de correction sur le problème 1. Prendre connaissance de l'énoncé du problème 2 et du cahier des charges		
Production	Rendre le rapport du problème 1.		
Consigne 	Partie 1 (20') : Debriefing problème 1 Rendre le rapport du problème 1. Quelques éléments de correction du problème 1 sont donnés. Partie 2(55') : Distribution de l'énoncé Prendre connaissance de l'énoncé. Définir les termes inconnus, les zones d'ombre, les notions à creuser.		
Travail personnel pour la séance suivante.	Lecture du livre « WCDMA FOR UMTS » pour la séance suivante avec chapitre 8 en priorité, afin de répondre aux questions de préambule.		

e. Dimensionnement – bilan de liaison

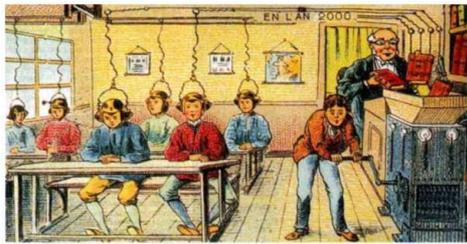
Mercredi 16 novembre 2011	Séance tuteurée 6	Compréhension de l'interface radio WCDMA	1h15
Objectif	Approfondir la compréhension de l'interface radio WCDMA et donner les grandes lignes du procédé de planification radio. Démarrage du travail de dimensionnement.		
Production			
Consigne 	Etablir et effectuer le processus de dimensionnement du réseau radio WCDMA : calcul du bilan de liaison.		

Mercredi 16 novembre 2010	Séance tuteurée 7	Travail sur le dimensionnement	1h15
Objectif	Démarrer le travail de dimensionnement		
Production			
Consigne 	Etablir et effectuer le processus de dimensionnement du réseau radio WCDMA : calcul du bilan de liaison.		

Vendredi 18 novembre 2011	Séance tuteurée 8	Cours de restructuration 1	1h15
Objectif	Résoudre les difficultés rencontrées par chaque binôme		
Consigne	Le tuteur répond aux questions non résolues		
			

Mercredi 23 novembre 2011	Séance tuteurée 9	Travail sur le dimensionnement	1h15
Objectif	Achever le bilan de liaison et déterminer le path loss		
Production	A partir des bilans de liaison, être capable de compléter le rapport de dimensionnement avec la capacité et le path loss en liaison montante et descendante.		
Consigne	Terminer le calcul de bilan de liaison Evaluer la capacité et le path loss en liaison montante et descendante. Distribution des documents sur les modèles de propagation		
			

f. Dimensionnement – Estimation de la couverture cellulaire

Mercredi 23 novembre 2011	Séance tuteurée 11	Cours de restructuration 2	1h15
Objectif	Résoudre les difficultés rencontrées par chaque binôme		
Consigne	Les tuteurs répondent aux questions non résolues		
			

Mercredi 23 novembre 2011	Séance tuteurée 10	Choix des modèles de propagation	1h15
Objectif	Sélectionner plusieurs modèles de propagation adaptés au problème afin de déterminer la couverture radio d'une cellule Préparer le cours de restructuration		
Production	Lister les modèles de propagation sélectionnés par environnement Calcul des couvertures radio dans les différents cas et pour les différents modèles de propagation proposés Préparer le rapport de dimensionnement, à rendre pour la prochaine séance.		
Consigne	A partir des différents documents fournis, les étudiants établissent une liste de modèles de propagation adaptés au problème. A partir de ces différents modèles, calculer les couvertures radio dans les différents cas.		



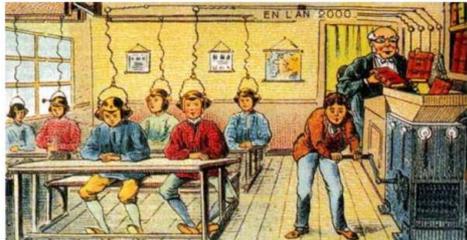
g. Planification détaillée

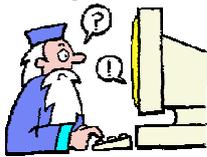
Mercredi 30 novembre 2011	Séance tuteurée 11	Travail sur la planification radio	1h15
Objectif	Rendre le rapport de dimensionnement. Démarrer le travail de planification.		
Production	Fournir aux tuteurs le rapport de dimensionnement (bilan de liaison, estimation capacité, couverture radio, modèles de propagation)		
Consigne	Rendre le rapport de dimensionnement. A partir des documents fournis et des connaissances apprises lors du dimensionnement, les groupes doivent établir un plan d'action pour le travail de planification sur machine, qui se déroulera à la séance suivante.		



Vendredi 2 décembre 2011	Séance TP n°4	Planification radio des cas test	2h45
Objectif	Estimer la couverture radio pour différents types d'environnement à partir des différents modèles de propagation sélectionnés.		
Production			
Consigne	A l'aide de l'outil NPSW, les paramètres clés définis dans l'énoncé sont optimisés en fonction de la couverture, de la capacité, du soft handover et de l'interférence entre cellule. Les groupes se séparent le travail afin d'étudier les deux cas test. Les groupes relèvent les résultats de simulation afin de présenter leurs résultats au groupe à la prochaine séance et préparer le rapport.		



Jeudi 8 décembre 2011	Séance tuteurée 12	Cours de restructuration 3	1h15
Objectif		Résoudre les difficultés rencontrées par chaque binôme	
Consigne 		Les tuteurs répondent aux questions non résolues	

Vendredi 9 décembre 2011	Séance TP n°5	Planification radio des cas test	2h45
Objectif		Optimiser les paramètres clés à l'aide de l'outil de planification radio NPSW	
Production Consigne 		A l'aide de l'outil NPSW, les paramètres clés définis dans l'énoncé sont optimisés en fonction de la couverture, de la capacité, du soft handover et de l'interférence entre cellule. Les groupes se séparent le travail afin d'étudier les deux cas test. Les groupes relèvent les résultats de simulation afin de présenter leurs résultats au groupe à la prochaine séance et préparer le rapport.	

Jeudi 16 décembre 2011	Séance tuteurée 13	Travail sur la planification radio	1h15
Objectif		Partager les résultats de simulation et préparer le rapport de planification	
Production		Préparer le rapport de planification, à rendre pour la prochaine séance.	
Consigne 		Dans chaque groupe, les binômes présentent leurs résultats de simulation sur les cas test qu'ils ont étudié. Ils en retirent un certain nombre de règles et déterminent les valeurs optimales des paramètres de l'interface radio.	

Vendredi 16 décembre 2011	Séance TP n°6	Planification radio des cas test	2h45
Objectif	Optimiser les paramètres clés à l'aide de l'outil de planification radio NPSW		
Production	Finir le travail de simulation pour achever le rapport de planification, à rendre avant le mercredi 4 janvier 2012 à 18h.		
Consigne 	A l'aide de l'outil NPSW, les paramètres clés définis dans l'énoncé sont optimisés en fonction de la couverture, de la capacité, du soft handover et de l'interférence entre cellule. Les groupes se séparent le travail afin d'étudier les deux cas test. Les groupes relèvent les résultats de simulation afin finaliser le rapport de planification.		

3. Contrôle final

Vendredi 6 janvier 2012	Séance contrôle	Contrôle final et bilan	1h15
Objectif	Evaluer les connaissances acquises durant cet APP		
Production			
Consigne 	Contrôle écrit : 75'. Documents autorisés. Rendre le livre « WCDMA FOR UMTS » à la bibliothèque		

IV. Notation

1. Critères d'évaluation

La notation se fera de deux manières :

- note individuel : par un contrôle final
- note de groupe : par les différents rapports et par l'implication dans le groupe

La moitié de la note provient de la note individuelle, l'autre par la note de groupe.

2. Rapports

Trois rapports sont à rendre durant cet APP. Le premier rapport porte sur le problème n°1. Un compte-rendu type est fourni aux étudiants. Les deux autres portent sur le problème n°2, le choix du format du compte-rendu est laissé libre.