

Nom de l'Unité d'Enseignement : RAN en réseaux

Rédacteur : V. Vèque (UPSud)

Type de module : CM + TP

Mention : ?

Objectifs : *Ce cours rappelle les éléments de base de l'Internet, son architecture et ses protocoles.*

Contenu du cours (18 h de cours)

Introduction à Internet (3 h)

- Introduction sur le développement et les acteurs de l'Internet
- Structure de l'Internet
- Accès à Internet

Architecture TCP/IP et adressage (3h)

- Adressage
- Adressage et nommage

IPV6 (3h)

Principaux protocoles (6h)

- Protocole IP et ses outils
- Routage Internet
- Principaux protocoles de transport TCP et UDP

Principales applications (3h)

- HTTP, RTSP, Pair-à-pair...

Travaux pratiques (facultatifs)

- Etude d'un protocole multimédia (3h)

Enseignants : V. Vèque

Prérequis : bases des réseaux

nb d'heures : 18 h

ECTS : 0

Course name : *Refresher in Networking*
Editors: *V. Vèque (UPSud)*

Content : *Lecture + Lab*

Mention : ?

Objectives: This course recalls the main notions related to internet, its architecture and its protocols.

Course outline (18 h lecture)

Introduction to Internet (3 h)

- Introduction on the development and on the main players of Internet
- Structure of the Internet
- Access to Internet

Architecture TCP/IP et adressage (3h)

- Addressing
- Addressing and naming

IPV6 (3h)

Main protocols (6h)

- IP protocol and its related tools
- Internet routing
- Main transport protocols TCP and UDP

Main applications (3h)

- HTTP, DNS

Labs (optionnal)

- Study of a multimedia protocol: SCTP (3h)

Instructor: V. Vèque

Prerequisites: bases in networking

Number of hours: 18

ECTS credits: 0

Nom de l'Unité d'Enseignement : *RAN en probabilités, processus aléatoires, estimation, traitement du signal et des images*

Rédacteurs : *F. Lehmann (TSP), B. Pesquet (TPT)*

type de module : *CM*

Mention : ?

Objectifs : *Reprendre et approfondir les éléments essentiels de la théorie des probabilités, des processus stochastiques, et du filtrage numérique, depuis les transformées usuelles en traitement du signal jusqu'au filtrage multicausal.*

Contenu du cours (18 h de cours)

Introduction à la théorie des probabilités (2 h)

- Espaces d'échantillonnage, événements, concept de probabilité
- Variable aléatoire discrète ou continue
- Lois de probabilité (fonction de répartition, moments)
- Lois usuelles (binomiale, Poisson, gaussienne, exponentielle...)

Processus stochastiques (3 h)

- Processus de Poisson
- Processus de naissance et de mort
- Chaîne de Markov à temps discret

Estimation (2 h)

- Principe du maximum de vraisemblance
- Estimation des paramètres d'un processus de Poisson et d'une chaîne de Markov

Filtrage numérique (10 h)

- Rappels sur les systèmes linéaires à temps discret
- Théorème d'échantillonnage, TF
- Rappels sur le filtrage numérique
- Filtrage multicausal
- Représentations polyphase
- Bancs de filtres M-bandes.

Travaux pratiques (facultatifs) (4h)

- Manips autour des signaux aléatoires et de l'estimation
- TP sur les bancs de filtres et le filtrage multi-cadence

Enseignants : *F. Lehmann (TSP, 8h), B. Pesquet (TPT, 10h)*

Nombre maximum d'inscrits :

nb d'heures : 18 h

ECTS : 0

Course name: *Refresher in probability, random processes, estimation and signal processing*

Editors: *F. Lehmann (TSP), B. Pesquet (TPT)*

Course type : *Lecture + Labs*

Mention : ?

Objectives: Remind and reinforce knowledge from probability theory, stochastic processes, digital filtering, going from usual transforms in signal processing to multirate filtering.

Course outline (18 h)

Introduction to the probability theory (2 h)

- Sampling spaces, events, concept of probability
- Random variables in discrete and continuous time
- Probability distribution, cumulative pdf, moments
- Usual pdfs : binomial, Poisson, Gaussian, exponential

Stochastic processes (3 h)

- Poisson processes
- Birth and death processes
- Markov chains

Estimation (2 h)

- Maximum likelihood principle
- Parameter estimation of a Poisson process and of a Markov chain

Digital filtering (10 h)

- Discrete-time linear systems
- Sampling theorem, Fourier transform, z-transform
- Digital filtering
- Multirate filtering
- Polyphase representation
- M-band filter banks.

Labs (optionnal) (4h)

- Practical work on probabilities and estimation
- Practical work on multirate filtering and M-band filter banks.

Instructors: F. Lehmann (TSP, 8h), B. Pesquet (TPT, 10h)

Prerequisites :

Number of hours : 18 h

ECTS : 0

Nom de l'Unité d'Enseignement : RAN en compression

Rédacteurs : M. Kieffer (UPSud), T. Zaharia (TSP)

type de module : CM + TP

Mention : ?

Objectifs : Présenter les éléments constitutifs de tous types de codeurs de sources. Présenter le codage sans pertes, la quantification scalaire uniforme et non uniforme, le codage prédictif et le codage par transformées. Donner des éléments d'allocation optimale de débit dans le cas du codage de plusieurs sources en parallèle.

Contenu du cours (18 h de cours)

Codage sans perte (6 h)

- Modèles de source, entropie
- Codage de Huffman
- Codage de Lempel-Ziv
- Codes arithmétiques
- Décodeurs correspondants

Codage avec perte (6 h)

- Quantification scalaire, algorithme de Lloyd-Max
- Allocation optimale de bits, algorithme de Shoam-Gersho
- Codage prédictif

Transformations bidimensionnelles par bloc (6 h)

- Représentation vectorielle et matricielle d'une image
- KLT
- Transformations unitaires séparables
- Transformations usuelles
- Application à la compression d'image. Gain de codage

Travaux pratiques (facultatifs)

- Compression sans perte : qu'y a-t-il derrière Winzip ?
- Codage d'images fixes : de JPEG à JPEG 2000
- Codage vidéo : de motion-JPEG à H264 et au-delà... démythifiez DivX !

Enseignants : P. Duhamel, CNRS (15 h), T. Zaharia, TSP (3h)

Prérequis :

nb d'heures : 18 h

ECTS : 0

Course name: *Refresher in source coding*
Editors: *M. Kieffer (UPSud), T. Zaharia (TSP)*

Course type: **Lecture + Labs**

Mention : ?

Objectives: *This course provides an introduction to information theory focused on source coding (lossless source coding, lossy source coding, transform coding). The various building blocks of actual source coders are presented (sound coder, still image coder, video coder). The notions will be explained on various source coding standards such as JPEG, JPEG 2000, H264, MPEG 2 layer 3. The labs will illustrate all theoretical concepts.*

Content of the course (18 h)

Introduction to information theory

- Source models
- Shannon's theorem for source coding

Lossless coding

- Huffman's coding
- Lempel-Ziv's coding
- Arithmetic coding
- Corresponding decoders

Lossy coding

- Rate-distortion theory
- Predictive coding
- Scalar quantization, Lloyd-Max quantization

Two-dimensional block transforms

- Vector and matrix representations of an image
- Separable unitary transforms
- Typical transforms
- Application to image compression, coding gain

Labs

- Lossless compression : what are the secrets of Winzip?
- Still image coders : from JPEG to JPEG 2000
- Video coders: from motion-JPEG to H264 and beyond

Instructors: P. Duhamel, CNRS (15 h), T. Zaharia, TSP (3h)

Prerequisites:

Number of hours : 18 h
ECTS : 0

Nom de l'unité d'enseignement : RAN en optimisation (variables continues, optimisation discrète)

Rédacteurs : M. Castella (TSP), J. Neto (TSP)

type de module : CM

Mention : ?

Objectifs : ce module vise à donner des bases d'optimisation. Les bases théoriques indispensables seront posées; les algorithmes et méthodes seront décrits avec pour objectif de pouvoir identifier les situations où ils s'appliquent. Quelques applications pourront être choisies afin d'illustrer les méthodes.

Contenu du cours (18 h de cours)

Introduction et théorie de l'optimisation continue (4.5h)

- notions de convexité
- types de problèmes: (optimisation convexe, programmation linéaire/quadratique, SOCP, SDP,...)
- dualité, problème dual, fonction duale de Lagrange
- conditions d'optimalité (KKT,...)

Algorithmes d'optimisation continue (4.5h)

- méthodes de descente, gradient, Newton, gradient conjugué et quasi-Newton
- notions sur des méthodes avancées (points intérieurs,...)
- éléments sur la convergence

Problèmes faciles d'optimisation combinatoire (4.5h)

- Arbre couvrant de poids minimum
- Plus court chemin
- Flot maximum et coupe minimum

Problèmes combinatoires difficiles (4.5h)

- Introduction à la Complexité (P, NP, NP-complet, etc.)
- Méthode de séparation et évaluation
- Approches polyédrales

Travaux pratiques

- utilisation du logiciel CVX (optimisation convexe)
- programmation d'algorithmes simples
- illustration par applications choisies parmi: approximation/interpolation/estimation statistique/problème géométrique

Enseignants : M. Castella (9 h), J. Neto (9 h)

Prérequis : bonnes bases en algèbre linéaire usuelle et en calcul des fonctions de $\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$

nb d'heures : 18 h

ECTS : 0

Course name: *Refresher in optimization (continuous variables and discrete optimization)*

Editors: *M. Castella (TSP), J. Neto (TSP)*

Course type: **Lecture + Labs**

Mention : ?

Objectives: this course aims at providing some basic knowledge in optimization. The theoretical tools will be recalled. Algorithms and techniques will be presented with the goal to help students identify which one is the most appropriate to the situation of interest. Some illustrative applications will be presented.

Content of the course (18 h)

Introduction and theoretical notions related to optimization of continuous cost functions (4.5h)

- notion of convexity
- types of problems: (convex optimization, linear/quadratic programming, SOCP, SDP,...)
- duality, dual problem, Lagrangian dual
- optimality conditions (KKT,...)

Algorithms for the optimization of continuous cost functions (4.5h)

- descent methods, gradient, Newton, conjugate gradients and quasi-Newton
- notions on more advanced methods (interior points,...)
- convergence

Combinatorial optimization (easy problems) (4.5h)

- Minimum spanning tree
- Shortest path
- Min-cut / Max-flow

Combinatorial optimization (hard problems) (4.5h)

- Introduction to complexity (P, NP, NP-complete, etc.)
- Branch-and-bound methods
- Polyedral approaches

Labs

- Introduction to CVX (onvexe optimisation)
- Programming of simple algorithms
- Illustrations : approximation / interpolation / statistical estimation / geometric problems

Instructors: M. Castella (9 h), J. Neto (9 h)

Prerequisites: linear algebra, calculus

Number of hours : 18 h

ECTS : 0

Course name: *Mathematics of Information and Source Coding*
Editors: *P. Piantanida (Supelec)*

Course type: *Lecture*

Mention : ?

Objectives: Provide solid theoretical foundations in information theory for source coding.

Content of the course (25 h)

1. **Properties of Shannon's Information Measures** (Introduction and Main Definitions, Entropy, Relative Entropy and Mutual Information, Jensen's Inequality, Properties of Relative Entropy, Differential and Absolute Entropy, Entropy of Binary and Gaussian Sources)
2. **Markov Chain, Fundamental Inequalities and Entropy of Stationary Sources** (Convexity Properties of Information Measures, Entropy Maximization, Fano's Inequalities, Markov Chains and Data Processing Inequality, Chain Rules for Entropy, Relative Entropy and Mutual Information)
3. **Lossless Source Coding** (Weak Typical Sequences, Strong Typical Sets, Delta Sequences, Bounds on the Size of Strong Typical Sets, Noiseless Source Coding and its Coding Theorem, Entropy Rate of Stationary Sources, Proof of the Coding Theorem)
4. **Coding Theorem for Lossy Source Coding** (Quantization and Distortion, Coding Theorem, Rate Distortion Function of Binary and Gaussian Sources, Proof of the Coding Theorem and its Converse)
5. **Distributed Lossless Compression** (Distributed Lossless Source Coding for a \square -DMS, Inner and Outer Bounds on the Optimal Rate Region, Slepian–Wolf Theorem)
6. **Lossy Compression with Side Information** (Simple Special Cases, Causal Side Information Available at the Decoder, Noncausal Side Information Available at the Decoder, Source Coding When Side Information May Be Absent)
7. **Multiple Description Coding** (Multiple Description Coding for a DMS, Simple Special Cases, El Gamal–Cover Inner Bound, Quadratic Gaussian Multiple Description Coding, Successive Refinement, Zhang–Berger Inner Bound)
8. **Distributed Lossy Compression** (Berger–Tung Inner Bound, Berger–Tung Outer Bound, Quadratic Gaussian Distributed Source Coding, Quadratic Gaussian CEO Problem, Suboptimality of Berger–Tung Coding)

Instructor: Pablo Piantanida, Supelec, (25 h)

Prerequisites: probability theory

Common resources:

Maximum number of students:

Grade breakdown: Written exam (100%)

Number of hours : 25h

ECTS : 5

Nom de l'unité d'enseignement : *Compression de contenus multimédia*
Rédacteurs : *M. Cagnazzo (TPT), T. Zaharia (TSP), M. Kieffer (UPSud)*

type de module : *CM + TP*

Mention : ?

Objectifs : *Ce cours vise à donner aux élèves un aperçu du panorama des techniques modernes de compression des signaux audio-visuels. En s'appuyant sur une introduction à la physiologie de la perception, ce cours montre les techniques les plus récentes de compression de musique (codeurs perceptuels) et d'images (transformée en ondelettes). Le cours donne également une introduction suffisamment complète au codage vidéo pour permettre aux élèves de suivre profitablement les UEs de transport en 2^{ème} semestre.*

Contenu du cours (25 h de cours)

Perception (2 h)

- Son, image, vidéo

Codage de signaux audio (3 h)

- Codeurs perceptuels
- Illustration : MP3 et AAC

Transformées en ondelettes (10 h)

- TO discrète
- Bases ondelettes et approches MRA
- Familles d'ondelettes
- Ondelettes adaptées au contenu (x-lets)
- Allocation optimale de débit
- Illustration sur JPEG 2000. EZW, SPIHT

Codage vidéo (6 h)

- Estimation de mouvement (3h)
- Structure d'un codeur hybride (1h)
- Illustration H.264 (2h)

Travaux pratiques (3 h)

- A l'intérieur de JPEG 2000

Enseignants : M. Cagnazzo (12 h) B. Pesquet (10 h) T. Zaharia (3h)

Prérequis :

Mise en commun :

Nombre maximum d'inscrits :

Contrôle des connaissances : Examen écrit (100 %)

nb d'heures : 25 h

ECTS : 5

Name of the module: Multimedia compression

Editors: *M. Cagnazzo (TPT), T. Zaharia (TSP), M. Kieffer (UPSud)*

Course type: *Lecture + Labs*

Mention : ?

Objectives: *This course aims to give students an overview of the panorama of modern techniques for compressing audio-visual signals. Based on an introduction to the physiology of perception, this course shows the most recent compression techniques for sound (perceptual coders) and images (wavelet transform). The course also provides a sufficiently comprehensive introduction to video encoding to allow students to profitably follow the transport modules in the 2nd semester.*

Content (25 hours)

Perception (2 h)

- Sound, image, video

Audio signal coding (3 h)

- Perceptual encoders
- Examples: MP3 and AAC

Wavelet transform (10 h)

- Discrete wavelet transform
- Wavelet bases and multi-resolution analysis
- Wavelet families
- Content-adaptive wavelets (x-lets)
- Optimal rate allocation
- Examples: JPEG 2000, EZW, SPIHT

Video coding (6 h)

- Motion estimation (3h)
- The hybrid video coder (1h)
- The H.264 standard (2h)

Practical work (3 h)

- Inside JPEG 2000

Teachers: M. Cagnazzo (12 h) B. Pesquet (10 h) T. Zaharia (3h)

Prerequisites:

Common resources:

Maximum number of students:

Grade breakdown: Written exam (100%)

Number of hours: 25

ECTS: 5

Nom de l'unité d'enseignement : Modèles et performances de réseaux de distribution de contenus

Rédacteurs : L. Boukhatem (UPSud), H. Labiod (TPT), D. Zeghlache (TSP)

Type de module : CM

Mention :

Objectifs : Ce module a pour objectif de définir les architectures, protocoles et mécanismes permettant aux réseaux de type IP de fournir la qualité de service nécessaire au support des applications multimédia. Les mécanismes de QoS déployés au cœur du réseau mais également au niveau des réseaux d'accès ainsi que les outils et méthodes d'optimisation permettant de caractériser leurs performances seront également détaillés. Les réseaux de distribution de contenu seront présentés en mettant l'accent sur les modèles pour étudier leurs performances et les optimiser.

Contenu du cours (25 h de cours)

Applications multimedia (1 h – L. Boukhatem)

- Qualité de service (QoS)
- Modèles de trafic

Architecture QoS et protocoles (3h – L. Boukhatem)

- Protocoles et signalisation multimédia : RTP, RTCP, RTSP
- Architectures QoS : DiffServ, RSVP, MPLS, VPN
- Gestion active des queues et différenciation de services dans les réseaux d'accès sans fils
- Protocoles multicast
 - Exemple : IPTV

QoS dans le réseau (6 h – S. Martin et al.)

- Mécanismes de QoS
 - Contrôle d'admission
 - Classification, queuing, ordonnancement,
 - Contrôle de congestion, marquage, Mécanismes d'efficacité de lien
- Performances et optimisation
 - Max-min fairness, ordonnanceurs, Leaky bucket
 - Modèles de files d'attente, optimization convexe

Routage adaptatif, routage multi-critères (3h - H. Labiod et al.)

- Routage QoS, BGP/BGP-TE

Réseaux de distribution de contenu (9h – D. Zeghlache et al.)

- Principes des réseaux de distribution de contenus
- CDN, CCN, ICN, Pair à pair, Opérés, client-serveur
- Ecosystème (acteurs globaux, opérateurs et FAI, acteurs de contenus)
- Architecture, placement, optimisation
- Métriques de performances (temps de réponse, offloading, disponibilité des services/flux audiovisuels/multimédia et des données, etc.)
- Performance des réseaux de distribution
 - Modèles pour l'évaluation de performances
 - Compromis compression et codage niveau applicatif et niveau réseau
 - Codage et réplique optimaux, compromis codage et réplique
 - Placement optimal des serveurs, des répliques et des caches
 - Modèles incluant les objectifs de placement et de répartition de charge sur le réseau

Interconnexion de CDNs (3h - H. Labiod et al.)

- Modèles
- Request-routing mechanisms (DNS-based, application-based, ...)
- Standardization (IETF CDNi-WG, TISPAN)
- Protocole CNAP

Travaux pratiques (3h)

- Etudes de performance et optimisation avec comparaison de différents systèmes de distribution de contenus et de flux média

- utilisation d'outil de simulation et d'émulation de réseaux de distribution de contenus – sur une plateforme expérimentale ou les serveurs médias peuvent être déployés et des utilisateurs émulés ou actuellement connectés à la plateforme.

Enseignants : L. Boukhatem (4h), H. Labiod (6h), S. Martin (6h), D. Zeglache et al. (9h)

Prérequis : Architecture des réseaux TCP/IP

Mise en commun : Non

Nombre maximum d'inscrits :

Contrôle des connaissances : Examen écrit

nb d'heures : 25 h

ECTS : 5

Course: Content Distribution Networks: models and performance

Editors: *L. Boukhatem (UPSud), H. Labiod (TPT), D. Zeghlache (TSP)*

Course type: Lecture + Labs

Mention :

Objectives: Define the necessary mechanisms, protocols and architectures which enable IP networks to provide the Quality of Service (QoS) that is essential for the multimedia applications support. This course also defines the technical and theoretical background required to understand the architecture and the networking mechanisms of Content Distribution Networks.

Content (25 h)

Multimedia applications (1 h – L. Boukhatem)

- Quality of service (QoS)
- Traffic models

QoS architectures and protocol (3h – L. Boukhatem)

- Multimedia protocol and signaling (RTP, RTCP, RTSP)
- QoS architectures (DiffServ, RSVP, MPLS, VPN)
- Active queue management and service differentiation in wireless access networks
- Multicast protocols
 - Example : IPTV

QoS within the network (6 h – S. Martin et al.)

- QoS mechanisms
 - Admission control
 - Classification, queuing, scheduling
 - Congestion control, link efficiency mechanisms
- Performance and optimization
 - Max-min fairness, scheduling models, Leaky bucket
 - Queuing models, convex optimization

Adaptive routing, multi-criteria routing (3 h - H. Labiod et al.)

- QoS Routing, BGP/BGP-TE

Content Distribution Networks (CDN) (9 h – D. Zeghlache et al.)

- Principles
- CDN, CCN, ICN, Peer to peer, Operated networks, client-server
- Ecosystem (stakeholders, FAI and operators, content players)
- Architecture, placement, optimization
- Performance metrics (response time, offloading, multimedia/audiovisuel service/flow and data availability)
- Distribution networks performance
 - Performance evaluation models
 - Compression and coding tradeoff
 - Optimal coding and replication, coding and replication tradeoff
 - Optimal servers and caches placement
 - Placement and load balancing models

CDNs interconnection (3h - H. Labiod et al.)

- Models
- Request-routing mechanisms (DNS-based, application-based, ...)
- Standardization (IETF CDNi-WG, TISPAN)
- CNAP Protocol

Exercices and labs (3h)

- Performance study and comparison between different content distribution systems
 - Manipulation of simulation and emulation tools of CDN on a experimental platform.

Lecturers: L. Boukhatem (4h), H. Labiod (6h), S. Martin (6h), D. Zeghlache et al. (9h)

Required background: TCP/IP networks basics

Examination: Written Examination

Nb of hours: 25 h

ECTS: 5

Nom de l'unité d'enseignement : Sécurité des contenus multimédia : notions de base

Rédacteurs : M. Mitrea (TSP), C. Delpha (UPSud)

type de module : CM + TP

Mention : ?

Objectifs : A travers ce cours, les étudiants auront la possibilité de : (1) s'approprier les concepts fondamentaux et les enjeux incrémentaux liés à la sécurité du contenu multimédia en réseau (protection, intégrité, certification, traçabilité...), (2) appréhender les paradigmes scientifiques sous-jacents et (3) s'initier aux divers applications pratiques à travers des cas d'usage issus du monde R&D.

Contenu du cours (26 h de cours)

Introduction (2 h)

- Protection, intégrité, certification, traçabilité : à chaque problème sa solution !

Crypto de base (6 h)

- Chiffrement
- Authentification

Tatouage et stéganographie (11 h)

- Définitions, propriétés de base
- Le tatouage numérique dans le cadre de la théorie de l'information :
 - tatouage par étalement de spectre
 - tatouage par information de bord (cas continu et discret)
 - modélisation statistique pour les attaques (cas Gaussien en non-Gaussien, stationnaire et non-stationnaire)
- Particularités du tatouage par type de contenu : image, audio, vidéo

Sécurisation par biométrie (2 h)

- Définitions, propriétés
- Applications

Travaux pratiques (5 h)

- Cryptographie
- Méthodes de tatouage dans le domaine spatial (LSB – par substitution)
- Méthodes de tatouage dans le domaine transformé (SS – par étalement de spectre)

Enseignants :

- M. Mitrea, MdC - HDR, TSP (10 h)
- C. Delpha, MdC - HDR, et P. Duhamel – DR CNRS, Univ Paris-Sud (6 h)
- R. Alléaume, MdC, TPT (8 h)
- B. Dorizzi, PR, TSP (2 h)

Prérequis : Mathematics of Information and Source Coding

Nombre maximum d'inscrits : 24

Contrôle des connaissances : TP noté (15%), rapport sur une étude de l'état de l'art (25%), évaluation écrite (60%)

nb d'heures : 25 h

ECTS : 5

Course name : *Multimedia content security: basic concepts*

Editors: *M. Mitrea (TSP), C. Delpha (UPSud)*

track type: *Lectures + Labs*

Mention : ?

Objectives: This track will give the students the opportunity (1) to master the fundamental concepts and the incremental challenges related to the security of the networked media (protection, integrity, certification, traceability, forensics); (2) to initiate to the underlying scientific paradigms and (3) to have a global view on their applications in the R&D world.

Course outline (26 h)

Introduction (2 h)

- Protection, integrity, certification, traceability, forensics: related yet different problems.

Cryptography (6 h)

- Main definitions: security objectives and cryptographic primitives
- How to define security in a cryptographic context: computational security, security models, attacks
- Symmetric cryptography: stream and block ciphers, message authentication codes,
- Public-key cryptography: RSA, digital signature
- Key distribution

Watermarking and steganography (11 h)

- Basic properties
- Watermarking as an information theory application:
 - Spread spectrum watermarking
 - Side information watermarking (continuous and discrete cases)
 - Statistical models for the watermarking attacks (Gaussien en non-Gaussien cases, stationarity and non-stationarity)
- Content-type peculiarities in watermarking: image, audio, video

Biometric security (2 h)

- Definition, properties
- Applications

Labs (5 h)

- Cryptography
- Spatial domain image watermarking (substitution based - LSB)
- Transformed domain watermarking (spread spectrum - SS)

Lecturers:

- M. Mitrea, Associate Professor - HDR, TSP (10 h)
- C. Delpha, Associate Professor - HDR, and P. Duhamel – DR CNRS, Univ Paris-Sud (6 h)
- R. Alléaume, Associate Professor, TPT (8 h)
- B. Dorizzi, Professor, TSP (2 h)

Prerequisites: Mathematics of Information and Source Coding

Maximal number of students: 24

Grade breakdown: lab assignments (15%), report on a state-of-the-art study (25%), written assignments (60%)

Number of hours: 26 h

ECTS: 5

Nom de l'unité d'enseignement : *Techniques avancées de compression*
Rédacteurs : M. Cagnazzo (TPT), J. Le Feuvre (TPT), M. Preda (TSP)

type de module : CM,TP

Mention : ?

Objectifs : *Ce cours complète l'UE Compression des contenus multimédia, en introduisant des techniques avancées de codage. Des modèles mathématiques de la qualité sont illustrés, ainsi que les techniques de quantification vectorielle. Ensuite, les normes plus importantes en codage vidéo sont analysées en termes d'outils mathématiques de compression. Les modèles mathématiques de codage sont utilisés pour introduire les techniques d'optimisation de qualité et de contrôle de débit. Les techniques pour coder les nouveaux formats (3D, HDR) et pour mieux s'adapter aux caractéristiques des réseaux (scalabilité, description multiples, codage distribué) sont également illustrées. Le cours se termine avec un aperçu sur les techniques pour la compression des contenus graphiques 3D.*

Contenu du cours (25 h de cours)

Evaluation de qualité (2 h)

- Modèles perceptuels (audio, image et vidéo)
- Métriques de qualité

Quantification vectorielle (2 h)

- Définition
- Algorithme de Lloyd-Max généralisé, algorithme LBG
- Etudes de perfs (Formule de Bennett), gain de codage
- Mise en œuvre

Codeurs vidéo (4 h)

- Codeurs "classiques" : MPEG-2
- Codeur modernes : H.264, HEVC

Techniques de contrôle et optimisation pour la distribution (2 h)

- Optimisation débit-distorsion
- Contrôle de débit

Techniques de codage avancées (8h)

- Nouveaux format :
 - Codage vidéo 3D, multivues (2h)
 - HDR (1h)
- Codage et transmission :
 - Codage à descriptions multiples (1h)
 - Codage scalable (2h)
 - Codage distribué (2h)

Compression de contenus graphiques 3D (4h)

- Compression des contenus 3D statiques (MPEG-4/TFAN)
- Compression des contenus 3D animés (MPEG-4/FAMC)

Travaux pratiques (3 h)

- Vidéo 3D

Enseignants : M. Cagnazzo (11 h), B. Pesquet (10 h), M. Preda/T. Zaharia (4 h)

Prérequis : UE Compression

Mise en commun :

Nombre maximum d'inscrits :

Contrôle des connaissances :

nb d'heures : 25 h

ECTS : 5

Course name: *Advanced compression techniques*

Editors: *M. Cagnazzo (TPT), J. Le Feuvre (TPT), M. Preda (TSP)*

Module type: **Lecture + Labs**

Mention : ?

Objectives: *This course complements the Multimedia Compression module, introducing advanced coding techniques. Mathematical models of quality are shown, as well as vector quantization techniques. Then the most important video coding standards are analyzed in terms of mathematical tools for compression. The mathematical models are used for optimizing the encoding techniques, and for allowing rate control. Coding techniques for upcoming video formats (3D, HDR) and for a better adaptation to transmission (scalability, multiple descriptions, distributed coding) are also shown. The course ends with an overview of the techniques used for compressing 3D graphic content.*

Course content (25 hours)

Quality assessment (2 h)

- Perceptual models (audio, image and video)
- Quality metrics

Vector quantization (2 h)

- Definition
- Generalized Lloyd-Max and LBG algorithms
- Performance characterization (Bennet's formula), coding gain
- Implementation

Video encoders (4 h)

- "Classical" coders: MPEG-2
- Modern coders: H.264, HEVC

Control and optimization techniques for video distribution (2 h)

- Rate-distortion optimization
- Rate control

Advanced coding techniques (8h)

- New formats
 - 3D video coding, multi-view video coding (2h)
 - HDR (1h)
- Coding and transmission:
 - Multiple description coding (1h)
 - Scalable coding (2h)
 - Distributed coding (2h)

3D graphic content compression (4h)

- Compression of static 3D content (MPEG-4/TFAN)
- Compression of dynamic 3D content (MPEG-4/FAMC)

Practical work (3 h)

- 3D video

Leacturers: M. Cagnazzo (11 h), B. Pesquet (10 h), M. Preda/T. Zaharia (4 h)

Prerequisite: Multimedia Compression

Common resources:

Maximum number of students:

Grade breakdown:

nb d'heures : 25 h

ECTS : 5

Nom de l'unité d'enseignement : *Transport Audio-Visuel (principes, protocoles et techniques avancées)*

Rédacteurs : *J. Le Feuvre, C. Concolato (TPT)*

type de module : *CM + TP*

Mention : ?

Objectifs : Le but de cette UE est d'apprendre les notions fondamentales du transport de contenu audio-visuel, comprendre comment ces notions sont utilisées dans les architectures de transport, protocoles et formats existants et d'expérimenter ces protocoles et normes pour s'ouvrir sur les techniques émergentes et les travaux de recherche en cours dans le domaine.

Contenu du cours (25 h de cours)

Principes généraux du transport audio-visuel (3 h)

- Types de chaînes de transport : broadcast, multicast, unicast, P2P
- Contraintes temps-réelles, qualité de service
- Synchronisation média
- Optimisation des ressources réseau (mise en paquets, multiplexage/entrelacement)

Audio-visuel temps-réel (3h)

- Transport temps réel (RTP/RTCP)
- Techniques de signalisation/contrôle de session
- Déploiements de services (RTSP, SIP)

TV Numérique (3h)

- MPEG-2 Transport Stream
- Normes associées (DVB, ATSC, ISDB)
- Déploiements de services (architecture de réseaux DVB, réseaux IPTV)

Diffusion sur HTTP (4h)

- Formats de fichiers
- Techniques de streaming via HTTP
- Adaptation en débit et protocoles associés (MPEG-DASH, HLS)

Applications avancées de transport (6 h)

- Télévision connectée, diffusion hybride multicanaux et multi-chemins, synchronisation multi-terminaux
- Audio-visuel dans les navigateurs web
- Diffusion via réseaux pairs-à-pairs

Travaux Dirigés (6 h)

- Etude de cas pour la TV numérique : la TNT
- Streaming RTP
- Format de fichier MP4 et MPEG-DASH

Enseignants :

Jean Le Feuvre (12 h), Cyril Concolato (13 h)

Prérequis :

- Réseau : protocoles (IP, TCP, UDP, HTTP, HTTPS), architecture de l'Internet (DNS, unicast/multicast, CDN, P2P)
- Codage : compression vidéo, compression audio

Mise en commun : rien à TPT

Nombre maximum d'inscrits :

Contrôle des connaissances :

nb d'heures : 25 h

ECTS : 5

Course name: *Audio-Visual transport (principles, protocols and advanced techniques)*

Editors: *J. Le Feuvre, C. Concolato (TPT)*

Course type: **Lecture + Labs**

Mention : ?

Objectives: learn the fundamentals of transport techniques for audio-visual contents, Understand how these concepts are used in the transport architectures, protocols and existing formats. Experiment with these protocols and standards. Get some insights in emerging techniques and research in progress in the field.

Content of the course (25 h)

Main principles of audio-visual content delivery (3 h)

- Different types of delivery techniques: broadcast, multicast, unicast, P2P
- Real-time and quality of service constraints
- Media synchronization
- Network resource optimization (packetization, multiplexing/interleaving)

Delivery of real-time audio-visual contents (3h)

- Real-time transport protocols (RTP/RTCP)
- Signalization and session control techniques
- Service deployment (RTSP, SIP)

Digital TV (3h)

- MPEG-2 Transport Stream
- Associated standards (DVB, ATSC, ISDB)
- Service deployment (DVB network architectures, IPTV networks)

HTTP streaming (4h)

- File format
- HTTP streaming techniques
- Rate adaptation and associated protocols (MPEG-DASH, HLS)

Advanced transport applications (6 h)

- Connected TV, multichannel / multipath delivery, multi-terminal synchronization
- Audio-visual contents in web browsers
- P2P multimedia content delivery

Labs (6 h)

- Digital TV
- RTP Streaming
- MP4 and MPEG-DASH file formats

Instructors: Jean Le Feuvre (12 h), Cyril Concolato (13 h)

Prerequisite: Networking and data compression.

Common resources: None known.

Maximum number of students:

Grade breakdown: Written exam (75 %) + Labs (25 %)

nb d'heures : 25 h

ECTS : 5

Nom de l'unité d'enseignement : *Techniques avancées pour la sécurité des contenus multimédia*

Rédacteurs : *J. Le Feuvre (TPT), M. Mitrea (TSP)*

type de module : *CM + TD + TP*

Mention : ?

Objectifs : Cette UE a pour but de compléter les principes de sécurités abordés dans l'UE *Sécurité des contenus multimédia : notions de base* par des méthodologies avancées requises lors de la distribution des contenus et de dresser le panorama normatif sous-jacent. Les interactions et les synergies entre les techniques de base (compression - protection, tatouage - cryptage sélectif – biométrie) seront également présentées.

Contenu du cours (26 h de cours)

Techniques d'optimisation des performances des systèmes de tatouage (6 h)

- Transparence : Modélisation du système visuel/auditif humain
 - masquage perceptuel (dans les domaines non-compressé et dans les flux compressés)
 - régions d'attention visuelle (dans les domaines non-compressé et dans les flux compressés)
- Quantité d'information insérée : Techniques par information de bord
 - QIM et *m*QIM (Quantization Index Modulation)
 - Autre techniques par information de bord

Sécurisation du flux compressé MPEG-4 AVC et HEVC (2 h)

- Tatouage dans le domaine compressé
- Cryptage sélectif

Collecte, extraction et analyse de preuve (forensics) (2 h)

- Méthodes de base
- Méthode de contre-mesure (anti-forensics)

Traçabilité du contenu (3 h)

- Définitions, propriétés, applications
- Vers un modèle théorique

Concepts de cryptographie quantique (2 h)

- Information quantique et sécurité
- Distribution quantique de clés
- Calcul quantique et ses implications en cryptographie / théorie de la complexité

Cadre normatif (3 h)

- Normes pour la protection en broadcast (DVB)
- Normes pour la protection OTT (CENC, ISMA)
- Normes MPEG pour la gestion de contenu
- Normes pour la protection dans la cinématographie numérique (DCI)

Exemples de méthodes de sécurisation à travers des cas d'usage issus du monde R&D (8 h)

- Protection de services temps-réel et à la demande
- Protection IPR pour le contenu cinématographique et TV/TV-3D ; techniques conjointes de protection
- Authentification du contenu de vidéosurveillance
- Traçage du contenu mis en ligne
- Biométrie

Enseignants : J. Le Feuvre, TPT (3 h), M. Mitrea, TSP (12 h), C. Delpha and P. Duhamel CNRS (7 h), R. Alléaume, TPT (2 h), B. Dorizzi, TSP (2 h)

Prérequis : Mathematics of Information and Source Coding, Sécurité pour les contenus : notions de base

Mise en commun :

Nombre maximum d'inscrits : 24

Contrôle des connaissances : projet (50%) et évaluation écrite (50%)

nb d'heures : 25 h

ECTS : 5

Course Name: *Multimedia content security: advanced methods*
Editors: *J. Le Feuvre (TPT), M. Mitrea (TSP)*

Contents: Lecture+Discussion+Lab

Mention: ?

Objectives: This track completes the basic aspect in security by presenting advanced techniques required when the multimedia is delivered and consumed in networks and by presenting the related standardisation framework. The interactions and synergies between basic techniques (compression-protection, watermarking-cryptography-biometry) are also presented.

Course outline (26 h)

Optimised watermarking properties (6 h)

- Transparency: Human visual system matched techniques
 - Perceptual masking (uncompressed and compressed data)
 - Foveated regions (uncompressed and compressed data)
- Data payload: Side-information insertion techniques
 - QIM et *m*QIM (Quantization Index Modulation)
 - Other side-information techniques

MPEG-4 AVC and HEVC stream security(2 h)

- Compressed domain watermarking
- Selectif enciphering

Forensics (2 h)

- Proof extraction and analysis
- Anti-forensics

Content fingerprinting (3 h)

- Definition, properties and applications
- Towards a theoretical model

Quantum cryptography (2 h)

- Quantum information and cryptography
- Quantum key distribution
- Quantum computation and its implication in cryptography and complexity theory

Standardization framework (3 h)

- Broadcast security (DVB)
- OTT protection standards (CENC, ISMA)
- MPEG standards and content protection
- Digital cinematography protection standards (DCI)

R&D use cases for content protection (8 h)

- Protection techniques for real-time, on demand services
- IPR protection for cinematography and TV/TV-3D ; hybrid protection techniques
- Videosurveillance content authentication
- On-line visual content tracking
- Biometry

Lecturers: J. Le Feuvre, TPT (3 h), M. Mitrea, TSP (12 h), C. Delpha and P. Duhamel CNRS (7 h), R. Alléaume, TPT (2 h), B. Dorizzi, TSP (2 h)

Prerequisites: Mathematics of Information and Source Coding, Multimedia content security: basic concepts

Maximal number of students: 24

Grade breakdown: project (50%), written assignments (50%)

Total teaching charge: 26 h

ECTS: 5

Nom de l'unité d'enseignement : Méthodes d'apprentissage et de contrôle pour la distribution de contenus

Rédacteurs : M. Kieffer (UPSud), D. Zeghlache (TSP)

type de module : CM

Mention : ?

Objectifs : Cette UE a pour vocation de présenter un certain nombre d'outils pour la modélisation et l'estimation des caractéristiques des flux et de demandes de contenus audio-visuels. Elle présente ensuite des techniques issues de la théorie du contrôle (modélisation fluide et contrôle stochastique) pour l'étude de mécanisme de régulation de bout en bout de contenus diffusés sur un réseau.

Plan des enseignements : (avec nb d'heures)

Contenu du cours (25 h de cours)

- **Fondamentaux sur la prédiction et l'apprentissage (9 h)**
 - **Prédiction des flux et des demandes et apprentissage**
pour identifier des patterns exploitables pour :
 - l'adaptation et optimisation du traitement des flux, de la répartition et des supports
 - alimenter la gestion et le contrôle
 - méthodes d'analyse et de corrélation, notamment sur les indicateurs de performances et remontées (monitoring)
- **Modélisation fluide et stabilité des réseaux (8 h)**
 - Modélisation des mécanismes de contrôle de source, de contrôle de congestion,
 - Critères de stabilité locale et globale de mécanismes de régulation,
 - Impact des délais de traitement et de transmission sur la stabilité
- **Niveau micro (nœuds, flux), distribué, vue située avec information locale (8 h)**
 - **Contrôle stochastique et processus de décisions markoviens**
 - Notions d'états, d'automates, fonction d'utilité, récompense (reward), politiques
 - Itération sur les valeurs ou les politiques pour obtenir des politiques optimales
 - Stratégie d'apprentissage pour le passage à l'échelle
 - Multi-layered MDP – Processus markoviens en interactions
 - Illustration : optimisation inter-couches de flux de streaming vidéo scalable

Enseignants : J. Jakubowicz (TSP) (9 h), M. Kieffer (16 h)

Prérequis : ?

Nombre maximum d'inscrits : ?

Contrôle des connaissances : projet (50%), examen écrit (50%)

nb d'heures : 25 h

ECTS: 5

Course name: Learning and control techniques for multimedia content delivery

Editors: M. Kieffer (UPSud), D. Zeghlache (TSP)

Course type: Lecture

Mention: ?

Objectives: present several tools to model and estimate the characteristics of encoded multimedia flows and content demands. Describe control models and techniques (fluid model, stochastic control) to design and study the properties of control laws for an efficient end-to-end optimization of multimedia delivery.

Course content (25 h)

- **Prediction and learning (9 h)**
 - **Learning and prediction of the characteristics of multimedia flows and demands to**
 - Optimize the processing of multimedia flows and provision resources
 - Feed controllers
- **Fluid models and network stability (8 h)**
 - Models of source and congestion control mechanisms,
 - Local and global stability criteria of control techniques,
 - Impact on stability of processing and transmission delays
- **Microscopic point-of-view (few nodes and flows) with local information (8 h)**
 - **Stochastic control and Markov decision processes**
 - States, rewards, utility, policy
 - Optimal control equations
 - Value and policy iteration
 - Learning techniques
 - Multi-layered MDP – Interacting MDPs
 - Illustration: cross-layer optimization of scalable video streaming

Instructors: J. Jakubowicz (TSP) (9 h), M. Kieffer (UPSud) (16 h)

Prerequisites:

Maximal number of students: 24

Grade breakdown: project (50%), written assignments (50%)

Number of hours: 25 h

ECTS : 5

Nom de l'unité d'enseignement : *Optimisation et contrôle de grands réseaux de distribution de contenus*

Rédacteurs : *D. Zeglache (TSP), M. Koutouris (Supelec), J. Neto (TSP)*

type de module : *CM*

Mention : ?

Objectifs : Cette UE a pour vocation de présenter un certain nombre d'outils pour la modélisation et l'estimation des caractéristiques des flux et des demandes de contenus audio-visuels à l'échelle macroscopique. Elle présente ensuite l'apport des approches stochastiques, dont la géométrie stochastique, et l'optimisation combinatoire pour traiter des problèmes macroscopiques (vue globale - grand nombre de nœuds en interaction) ou large échelle (analyse et optimisation s'appuyant sur les agrégats et leurs comportements stochastiques contrairement à des micro-flux ou individuels).

Plan des enseignements : (avec nb d'heures)

Contenu du cours (26 h de cours)

- **Géométrie stochastique (10h)**

- Processus ponctuels (propriétés, transformations, caractérisation de la répartition, fonction génératrice des probabilités, fonctionnel de Laplace, théorie de Palm, théorèmes de Slivnyak et de Campbell-Mecke)
- Modèles de processus ponctuels pour des réseaux: processus Cox, cluster, 'hardcore', processus de Gibbs, modèle hiérarchique, tessellation de Voronoi.
- Evaluation de performance des réseaux (couverture-QoS, débit moyen, délai, ...)
- Placement des CDN servers : modèles, lois d'échelle, placement optimal, optimisation de cout, dimensionnement)

- **Compléments d'optimisation combinatoire (~ 6 h)**

- Multiflot
- Routage robuste
- Problèmes localisation/placement

- **Optimisation dans des grands réseaux – étude de cas (~ 10 h)**

- Méthodes pour l'optimisation et l'adaptation globale
 - Optimisation avec prédiction et apprentissage pour combiner les aspects décisions et résultats des actions et vérification de la convergence et stabilité
- Etude de cas impliquant flux media et réseaux programmables.
 - Mise en œuvre de la boucle MAPE sur un cas concret
 - Outils pour le monitoring
 - caractérisation des flux média et outils de remontée d'indicateurs de performance des supports (comme NetFlow dont IPFix, SFlow, SNMP, autres remontées côté wireless) augmenté par le retour des applications ou utilisateurs en termes de QoS et QoE.

Enseignants : M. Koutouris (10 h), D. Zeglache (10 h), J. Neto (6 h)

Prérequis : cours précédents... (1. *RAN en optimisation (variables continues, optimisation discrète* 2. *Transport Audio-Visuel (principes, protocoles et techniques avancées)*)

Nombre maximum d'inscrits : ?

Contrôle des connaissances : *écrit (+ études de cas)*

nb d'heures : 26 h

ECTS : 5

Course name: Optimization and control of wide area content distribution networks

Lead lecturer: D. Zeghlache (TSP), M. Kountouris (Supelec), J. Neto (TSP)

Content: Lectures + Labs

Mention : ?

Objectives: This course introduces and initiates graduate students to tools and methods that are essential for modeling, characterizing and predicting traffic flows generated by audio - visual content and service requests at a macroscopic level (global view in large scale networks) . This course in fact extends the local and per layer view of the companion course “Learning methods and control for content distribution” by presenting the role of stochastic approaches, including stochastic geometry, and combinatorial optimization when addressing the large scale behaviors observed in content distribution networks and systems.

Course content (26 h)

- **Stochastic Geometry (10h)**
 - Point processes (properties, transforms, distributional characterization, probability generating functional, Laplace functional, Palm theory, Slivnyak and Campbell-Mecke theorems)
 - Point processes models for networks : Cox process, clustered, “hardcore”, Gibbs processes, hierarchical models, Voronoi tessellation
 - Network performance evaluation (coverage and QoS, average bit rates, delays, ...)
 - CDN server placement: models, scaling laws, optimal placement, cost optimization, dimensioning
- **Combinatorial optimization for content distribution and management (6 h)**
 - Multi-flow problems and solutions
 - Robust routing
 - Constrained localization and placement problems
- **Optimization of large scale content networks – use cases (10 h)**
 - Methods for global networking adaptation and optimization
 - Optimization relying on prediction and learning techniques to support initial and run time provisioning and adaptation. Stability and convergence studies of the MAPE (Monitor, Analyze, Plan and Execute) process.
 - Use cases and experimentation on multimedia flows and programmable networks (anchored on SDN and virtualization principles)
 - Implementation of MAPE loops on a concrete case
 - Monitoring tools to collect and handle KPIs and measurements (such as NetFlow especially IPFix, SFlow, SNMP, other monitoring systems on the wireless segments)
 - Combining with QoS and QoE feedback from applications and users

Lecturers : M. Kountouris (10 h), D. Zeghlache (10 h), J. Neto (6 h)

Prerequisite : 1. RAN en optimisation (variables continues, optimisation discrète 2. Transport Audio-Visuel (principes, protocoles et techniques avancées)

Nombre maximum d’inscrits : 24

Contrôle des connaissances : *écrit (+ études de cas)*

ECTS : 5

Suggested readings:

- Selected publications from prestigious journals addressing stochastic approaches and combinatorial optimization for dynamic networks.

Books and journals such as Foundations and Trends in Networking (NOW), IEEE/ACM...

Course name: Seminars
Editor: M. Kieffer (UPSud)

Course type: Lecture

Mention: ?

Objectives: present more advanced research topics linked to multimedia networking in general. Present some open research directions. Help students defining their own research topics. Three seminars have to be followed by students, with an evaluation on two of them.

Course content (3 x 12 h)

Choice among

- Quantum Information (12h - TPT)
- Joint source/protocol/channel coding and decoding (12h shared with SAR – UPSud)
- Advanced 3D coding techniques (12h – TPT)
- Medical applications in distributed environments (12h TSP)
- Optimization of the diffusion technique (uni/multi/broad cast) (12h TSP- UPSud)
- Network coding for multimedia (12h TPT – UPSud)
- Biometry (12h TSP)
- ...

Instructors: All

Prerequisites:

Common resources: Seminars will be shared with the SAR master and other master of Paris-Saclay.

Maximal number of students: 24

Grade breakdown: bibliography (20%), realization (30%), report (30%), presentation (20%)

Number of hours: 36 h

ECTS : 5

Course name: Joint project
Editor: M. Kieffer (UPSud)

Course type: Project

Mention: ?

Objectives: give the opportunity to students to apply the theoretical notions studied in at least two different courses on a practical problem. Provide an introduction to research problems.

Instructors: All

Maximal number of students: 24

Grade breakdown: bibliography (20%), realization (40%), report (20%), presentation (20%)

Number of hours: 24 h

ECTS : 5