



Deuxième période du 20-11-2023
au 22-12-2023 (5 semaines)

Rapport des enseignements à l'IUT

Alexis Déhu
adehu@univ-pau.fr

Enseignant référent :

M. Angel Abénia
abenia@univ-pau.fr

du 20 Novembre, au 22 Décembre 2023

Alexis Déhu

Rapport des enseignements à l'IUT

Le présent document est le compte rendu de mes enseignements reçus à l'IUT de Mont-de-Marsan pour la deuxième période d'apprentissage allant du 20-11-2023 au 22-12-2023 en deuxième année de BUT Réseaux & Télécommunications.

du 20 Novembre, au 22 Décembre 2023

Cet apprentissage en alternance a été réalisé dans le cadre de l'obtention d'un BUT en Réseaux & Télécommunications à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, IUT de Mont-de-Marsan. La période d'alternance d'une durée de 2 ans s'est établie du 1er Septembre 2023 au 31 Août 2025 dans les locaux de ADITU, Technopole Izarbel Côte Basque, 64210 Bidart.

Aucune intelligence artificielle n'a été utilisée pour la rédaction ou l'aide à la production de ce document. Aucune information présente n'a été récupérée brute de forme depuis quelque source, publique ou non. Ce document est le fruit d'un travail personnel et que je n'ai ni contrefait, ni falsifié, ni copié tout ou partie de l'œuvre d'autrui afin de la faire passer pour mienne.

Alexis Rapport des enseignements à l'IUT UPPA du 20-11-2023 au 22-12-2023 © 2024 by
Alexis Déhu is licensed under **CC BY-NC-SA 4.0**

Un immense merci à mon enseignant référent à l'IUT.

M. Angel Abénia - Enseignant chercheur

du 20 Novembre, au 22 Décembre 2023

Résumé des enseignements

Pendant cette période de cinq semaines ont été abordés des modules d'enseignement influant sur l'ensemble des blocs de compétences en deuxième année. Le réseau a été abordé par la vision des réseaux opérateurs avec des tunnels d'accès privés, des protocoles de routage ou la gestion de la segmentation des réseaux. La téléphonie sur IP a aussi été vue en montrant des infrastructures téléphoniques en réseau permettant le transport de signalétique pour passer des appels et la voix (voix sur IP).

En télécommunications nous avons abordé un module conséquent sur la fibre optique en comprenant les principes de longueurs d'ondes, des fibres monomodes et multimodes et l'utilisation d'un réflectomètre. Nous avons aussi amélioré notre compréhension des liaisons synchrones et asynchrones.

En programmation et en mathématiques, nous avons entrepris la création d'une application à gestion d'événements et la compréhension mathématique des séries de Fourier.

Secteurs d'enseignements: téléphonie sur IP; voix sur IP; codecs; framing; VAD; Cisco; opérateur; ospf; VPN; VLAN; liaisons synchrones; rapport signal/bruit; valence; horloges électroniques; fibres; réflectomètre; longueur d'onde; Python; interface graphique; grammaire; TOEIC; séries de Fourier; signaux périodiques

Table des matières

1	R3.ROM16 Ingénierie de la téléphonie sur IP (22h30)	1
1.1	Capture de la voix vers le numérique	1
1.2	Transporter une information continue sur un réseau	3
1.3	Comment les appels sont passés en ToIP	3
2	R3.02 Réseaux d'Opérateur (22h30)	5
2.1	Le routage inter-vlan	5
2.2	Routage dynamique avec OSPFv2	5
2.3	Tunnels entre réseaux et Réseaux Privés Virtuels	6
3	R3.05 Chaînes de transmissions numériques (22h30)	7
3.1	Le problème des liaisons synchrones	7
3.2	Étude de l'effet du bruit sur un signal	9
3.3	Comment minimiser ses problèmes	12
4	R3.06 Fibres optiques et propagation (19h30)	14
4.1	Apprentissages théoriques	14
4.2	Apprentissages pratiques	16
5	R3.09 Programmation événementielle (15h)	18
5.1	Conception d'une application de messagerie Python	18
6	R3.11 Anglais : le monde du travail (22h30)	20
6.1	Grammaire	20
6.2	Passages à l'oral	20
7	R3.14 Mathématiques: Analyse de Fourier (27h)	22

R3.ROM16 Ingénierie de la téléphonie sur IP (22h30)

Enseignant
M. Angel Abénia

Ce module accède sur la ToIP *Téléphonie sur IP* fait suite aux enseignements reçus en première année sur VoIP *Voix sur IP*. Nous y avons revu la numérisation de la voix, pour y ajouter les technologies logicielles et réseaux permettant son transport et leur mise en place en entreprise.

Ainsi, nous y avons étudié les codecs, le framing et la VAD pour basculer la donnée analogique et continue qu'est la voix dans le monde du numérique. Nous y avons abordé son transport sur le réseau avec les protocoles RTP et RTCP. Pour finaliser notre apprentissage par le montage d'une infrastructure ToIP afin d'analyser la signalitique utilisée pour l'émission et la gestion des appels en entreprise de nos jours.

1.1 Capture de la voix vers le numérique

La voix est une donnée analogique, c'est un flux constant d'informations matérialisé par la vibration de l'air, retranscrit dans nos tympans et interprété par notre cerveau. Nous arrivons à la numériser, de la passer du monde analogique (phénomène physique du son) à celui du numérique (de l'informatique, avec des nombres).

Cette conversion analogique-numérique débute par l'échantillonnage de la voix : on place

une membrane pour reproduire artificiellement nos tympans dans un micro, pour poser une valeur numérique sur la vibration que la membrane reçoit.



1.1: La vibration reçue s'apparente à une fréquence, l'échantillonneur pose 8000 points par secondes dessus pour avoir une voix échantillonnée à 8 KHz et le codeur définit le nombre d'étages que ces points peuvent prendre en bits multiples de 2

En jouant sur ces paramètres, on peut retrouver une voix plus ou moins fidèle à l'analogique car plus d'échantillons seront pris pour caractériser la voix (échantillonnage), ou plus ceux-ci pourront être variés car plus d'étages (codage). Une compression est souvent présente, car chaque étage correspond à une valeur chiffrée multiple de 2 (2 bits, 4 bits...) et l'échantillonnage définira la fréquence à laquelle on souhaitera générer des nombres avec ces valeurs (pouvant vite prendre de la place).

La compression se retrouve extrêmement utile pour stocker la voix et la transmettre sur le réseau. Les ensembles échantillonnage, codage et compression ont été normalisés pour que les téléphones et autres appareils audio puissent enregistrer et rejouer les mêmes enregistrements. Ainsi sont nés les codecs audio.

Ceux-ci sont extrêmement importants en réseau car définissent la quantité de données envoyés (rappel, elles prennent de la place). Les deux codecs les plus utilisées sont le G 711 et le G 729. Le G 711 propose 8 KHz d'échantillonnage sur 8 bits avec 0,125 ms de temps de compression : 64 kbits/s seront envoyés sur le réseau (prendra davantage de bande passante que le G 711 avec ses 8 kbits/s).

Nous avons étudié les codecs, le framing, la VAD impactant le stockage et le transport de la voix sur les réseaux. Ainsi, nous pourrions efficacement comprendre, dimensionner et corriger des problèmes impactant la téléphonie sur IP d'une entreprise.

1.2 Transporter une information continue sur un réseau

Le transport de la voix sur le réseau impose des problématiques non rencontrés auparavant par les flux de données (téléchargement de fichiers, vidéo à la demande...). Une conversation orale ne peut se permettre de perdre un bout de l'information, encore moins de la redemander à chaque fois, que l'on vérifie à chaque fois que l'information soit bien arrivée, ou que les morceaux de la phrase n'arrivent pas en même temps.

Pour compenser ces problèmes instaurés par l'utilisation de réseaux à commutation de paquets comme IP, un système de priorisation a été mis en place pour ceux l'utilisant : la QoS *Qualité de Service*. Ainsi, les paquets comportant de la voix seront privilégiés en étant routés ou commutés plus vite que les autres (pour éviter les latences, les gigue...).

Des protocoles de couche 4 ont été étudiés pour le transport de la voix dit "*temps réel*", et toujours largement utilisés : RTP et RTCP. Nous comprenons désormais les technologies permettant de transmettre la voix sur le réseau.

1.3 Comment les appels sont passés en ToIP

Les signalisations téléphoniques sur la ToIP ont été standardisées afin de pouvoir initier, manipuler ou raccrocher un appel de la même manière sur la plupart des appareils.

Pour cela, les terminaux de la ToIP utilisent le protocole SIP *Protocole d'Initiation de Sessions*. Les terminaux communiquent avec un serveur dédié à la signalétique et la gestion des communications (Provider SIP) qui se chargera d'envoyer une trame pour effectuer une action.



1.2: Exemple simplifié de signalisation entre deux appareils utilisant le même Provider SIP.

Nous avons ainsi analysé et étudié le trafic SIP généré pour différentes actions téléphoniques avec l'analyseur de trames Wireshark. Nous comprenons désormais les notions utilisées pour les communications d'entreprise basées sur de la ToIP.

2

R3.02 Réseaux d'Opérateur (22h30)

Enseignant
M. Philippe Arnould

Ce module consacré au réseau, complémenté par le module R3.07, nous ont fait étudier des technologies relatives aux réseaux d'opérateurs. Parmi eux dans ce module, le protocole de routage dynamique OSPFv2, le routage inter-vlan, les tunnels inter-réseaux GRE et les VPN IPsec.

L'enseignement se décomposait en séries de laboratoires Cisco que nous devions rendre à la fin des semaines.

2.1 Le routage inter-vlan

Le routage de VLANs *Réseaux locaux virtuels* avait déjà été abordé dans le module R3.01. Il a été repris pour nous consolider avec la notion de routage inter-vlans on stick - utilisation d'un lien trunk pour transporter les VLANs.

Nous avons pu rechercher des indices de malfonctionnement d'une structure, en la réparant par la suite pour nous assurer que nous étions à l'aise avec le routage inter-vlan. Nous l'avons aussi déployé dans différent scénarios selon différents besoins.

2.2 Routage dynamique avec OSPFv2

Le protocole OSPF a été repris du module R3.01 et vu sous un autre angle. Toujours avec des laboratoires Cisco, nous avons étudié des parties spécifiques du protocole (messages "HELLO",

intervalle des messages...) et encore une fois dépanné plusieurs scénarios de malfonctionnement.

2.3 Tunnels entre réseaux et Réseaux Privés Virtuels

Nous avons abordés les VPN, ou *Réseaux Privés Virtuels*, en étudiant le protocole IPsec. Celui-ci est une suite d'algorithmes et de protocoles permettant la création de tunnels chiffrés virtuels entre deux réseaux séparés sur Internet.

IPsec utilise notamment IKEv2 pour l'échange de clés entre les deux sites. Une fois les clés échangées, IPsec rencapsule les paquets IP à destination du site distant pour rajouter des entêtes comme ESP ou AH *Entêtes d'Authentification* afin de garantir l'intégrité et la confidentialité des données.

Nous avons aussi vu les tunnels GRE *Encapsulation de routage générique* qui permettent de nous simuler comme si nous étions dans le réseau distant à l'autre bout du tunnel.

Nous avons abordé les deux notions ensemble, et vu que les tunnels GRE pouvaient être encapsulés dans IPsec, pour intégrer le réseau local du site distant avec les avantages d'IPsec.

3

R3.05 Chaînes de transmissions numériques (22h30)

Enseignant
M. Angel Abénia

Le module R3.05 nous a permis de consolider nos notions sur les systèmes de transmissions numériques. Ainsi, nous avons caractérisé la bande passante d'un système inconnu; observé l'effet d'une bande passante réduite sur le débit d'un signal envoyés, et étudié l'effet d'une perturbation sur l'émission d'un signal et comment la mitiger.

3.1 Le problème des liaisons synchrones

Nous avons observé en TP *Travaux Pratiques* que l'immense inconvénient des liaisons à communications synchrones était que le récepteur devaient se synchroniser à la même fréquence d'horloge que l'émetteur afin de se comprendre. Cela en prenant en compte le temps que met le signal à parcourir la distance les séparant (jamais instantané).

Le signal reste compréhensible si l'horloge est très peu désynchronisée, mais le problème reste de pouvoir la synchroniser sur de longues distances car jouant sur l'instant de décision de l'état d'un signal : s'il est décalé, on ne comprendra pas le même message.

Toujours en TP, nous avons observé l'effet du bruit sur la valence *nombre d'état significatif que peu prendre un signal*. Au plus le bruit sera blanc élevé, ou la puissance de réception sera faible, au moins nous pourrions comprendre les changements de signaux à fort nombre d'états

(nous comprendrons moins les symboles à 16 états plutôt que ceux à 4).

Ainsi, à moins de pouvoir diminuer le rapport signal sur bruit (en augmentant la puissance d'émission ou diminuer l'atténuation du canal), nous pouvons uniquement dégrader notre signal en lui faisant effectuer moins de variations afin qu'elles puissent être mieux interprétables par le récepteur.

Nous avons étudié tout ceci lors du premier Travail pratique à l'aide d'un message que nous devons décoder.



3.1: Lecture d'un texte avec une valence de 3 (maximum 3 états significatifs dans notre signal), approuvant nos calculs effectués précédemment comme étant la valence maximale utilisable avec une erreur d'environ 1 bits pour 1000 envoyés.



3.2: Lecture du même texte avec une valence de 4, le texte est partiellement lisible avec certaines lettres mal interprêtées car les états du signal sont moins reconnaissables, en raison de la valence supérieure à celle maximale calculée.

3.2 Étude de l'effet du bruit sur un signal

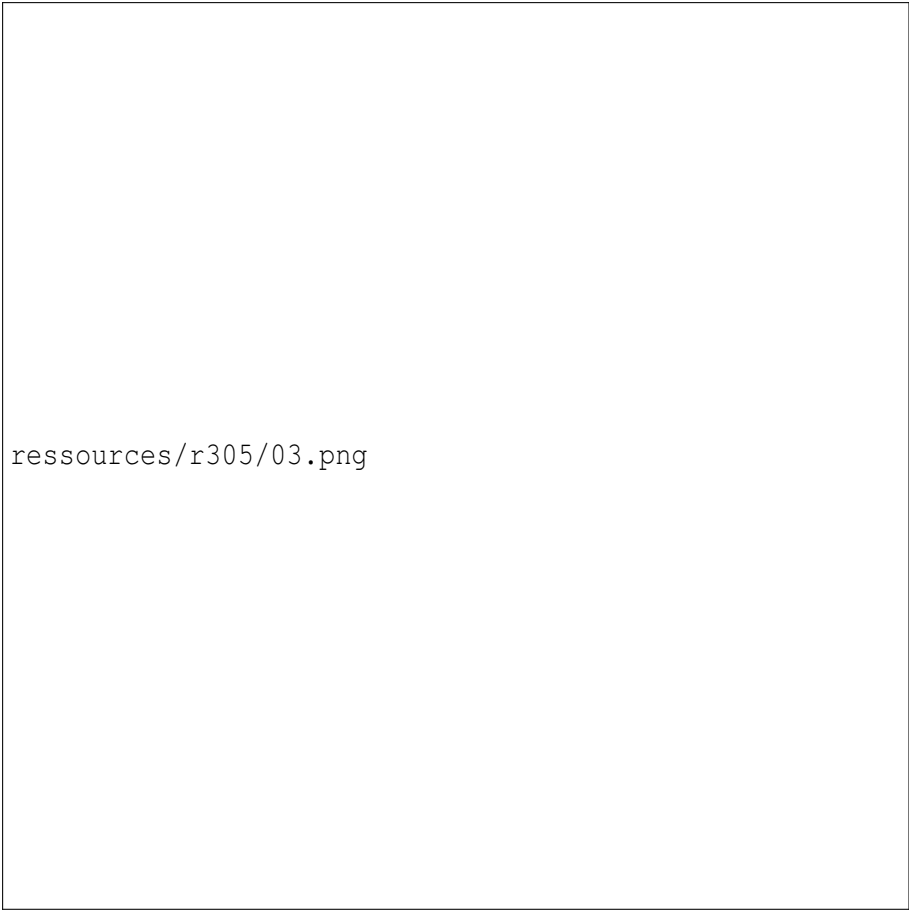
Nous avons observé physiquement l'impact du bruit sur un signal. En dehors de décoder un message, nous avons observé que le bruit augmentait le temps que prenait le signal à changer d'états et que ces états étaient moins différenciables plus larges.

L'étude pratique de l'effet du bruit sur un signal peut s'effectuer en observant le diagramme de l'oeil du signal : qui donne les seuils de décision des états du signal et à partir de quand nous pouvons définir qu'un bit est à son état. En voici l'exemple pour un signal à deux états synchronisé parfaitement sur le front montant de l'horloge.



3.3: Signal NRZ de 1 ms de temps d'un bit, clocké sur le front montant.

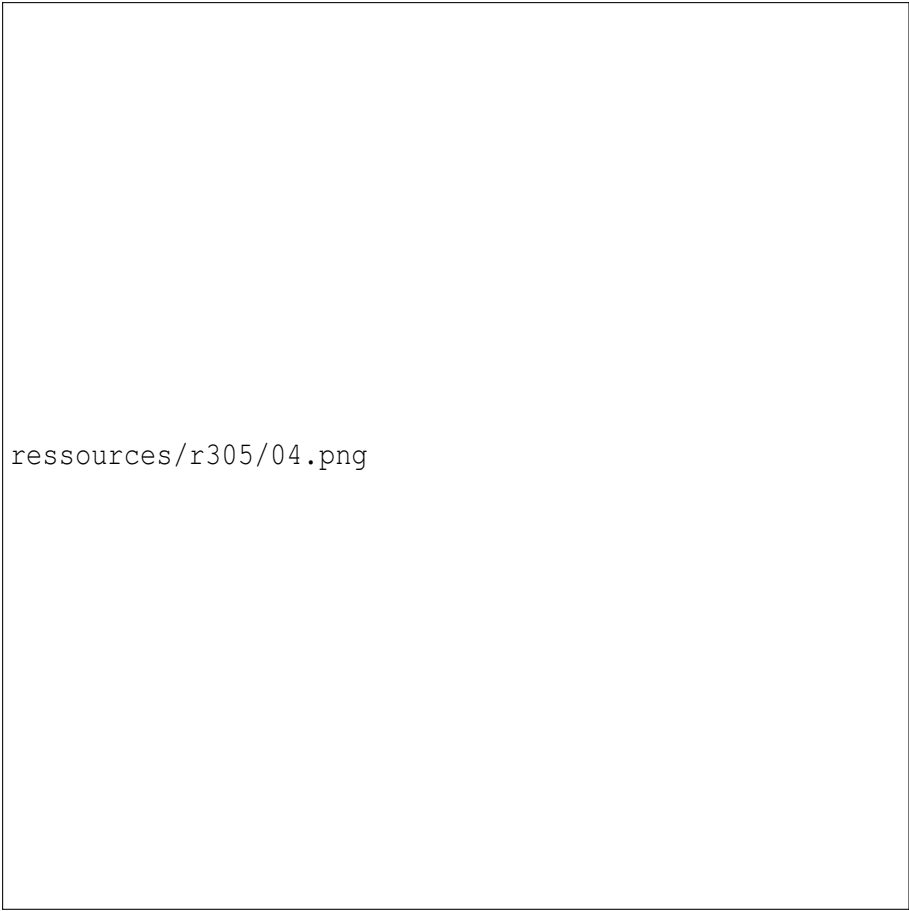
En observant les moments de bascule d'un état 1 à l'état 0, de 0 à 1 et ainsi de suite : nous pouvons voir se former un oeil permettant de définir une plage sur laquelle nous pouvons définir que le signal change d'un symbole pour un autre horizontalement, et à partir de quelle valeur il le fait (verticalement).



ressources/r305/03.png

3.4: Signal NRZ sur un canal parfait observé avec une plage d'instants de décision de 964 ms (horizontale) et une plage des seuils de décision de 8,825 V centré sur 0 (de 4,25 à -4,5V, vertical) : nous pouvons clairement voir un oeil se dessiner au centre, les valeurs sont extrêmement bien discernables

L'étude était faite à la sortie de l'émetteur, le signal n'était pas rentré dans le support de transmission. Ici le cas pratique de réception de ce signal, avec des états élargis et qui prennent plus de temps à passer d'un état à un autre : le temps où l'on peut définir quand un bit est à quel état doit changer, aussi l'intervalle où l'on peut dire qu'il est dans un état ou un autre.



ressources/r305/04.png

3.5: Le signal NRZ est affecté par la bande passante et le bruit du support utilisé, à son extrémité les états mettent plus de temps à passer d'un état à un autre (plage des instants de décisions réduite à 800 ms entre les deux lignes horizontales) et le bruit fait que les états sont moins discernables (seuils de décisions réduits à 5,8 V entre les deux bandes verticales).

3.3 Comment minimiser ses problèmes

Plusieurs solutions ont été inventées pour mitiger ses problèmes au cours du temps. Nous avons étudiés les phénomènes physiques à l'origine de ces solutions afin de comprendre dans quels cadres celles-ci s'inscrivaient et comment elles résolvaient finalement ces problèmes².

Le grand avantage des liaisons à communications synchrones est qu'elles n'ont pas besoin de resynchroniser leur horloge à chaque élément envoyé, ce qui augmente le débit possible de ces mêmes éléments. Leur très grand inconvénient en revanche étant de synchroniser parfaitement les deux horloges si elles sont séparées d'une grande distance.

Ce problème ne se pose pas dans les liaisons asynchrones, une synchro-trame *suite de bits que chacun comprend comme le début d'un message* est envoyé avant chaque élément de la

conversation. La solution trouvée fut de transmettre l'horloge utilisée dans le message par une fréquence pour se mettre en accord sur la vitesse à laquelle le récepteur devait lire le message. Lui par la suite, en se basant sur les informations envoyées, définit quand est-ce qu'il doit interpréter un état (instants de décisions) pour se placer au milieu d'un état.

Cette solution résout aussi la désynchronisation des horloges : l'électronique n'est pas parfait, les horloges se désynchronisent toujours au bout d'un temps. Le récepteur peut alors régénérer l'horloge de synchronisation car la fréquence y est reçue dans le message. Il peut alors la récupérer, et doit cependant aussi observer les changements d'états du signal pour lui seul se définir les instants de décisions du signal.

Un autre problème de la ligne synchrone est de différencier l'état du signal si celui-ci est inactif pendant un long moment. Avec le codage NRZ par exemple, où les états significatifs du signal sont codés par une valeur électrique : une longue suite de 0 désynchronisera son horloge. Il faut donc en changer le codage utilisé, en choisissant le Manchester par exemple car définit comment est généré son état du signal en se basant sur l'état de celui précédent.



R3.06 Fibres optiques et propagation

(19h30)

Enseignant
M. Christophe Baillot

Beaucoup de notions sur la fibre optique en travaux pratiques et théoriques ont été abordées durant ces 19h30. Nous avons principalement vu les applications des domaines physiques apportés par la fibre optique (fonctionnement de la lumière dans l'infrastructure fibre actuelle) et quelques applications avancées (multiplexage d'ondes, utilisation d'un réflectomètre).

4.1 Apprentissages théoriques

En cours magistraux et lors des travaux dirigés, nous avons compris le fonctionnement de la lumière dans du silice actuellement utilisé, ses avantages sur les autres technologies de transport du signal et son application par des calculs. Le fonctionnement de la fibre optique se comprend en **longueur d'onde**, où une longueur d'onde est envoyée dans un noyau de silice (verre) et y est comprise à l'autre extrémité.

La vitesse de la lumière dans du silice et celle de l'électricité dans du cuivre sont contre-intuitivement relativement proches. La lumière n'est pas "*plus rapide*" que l'électricité : la réponse à son écrasante supériorité réside dans le fait qu'aucune fréquence n'est assez élevée pour venir perturber la longueur d'onde transmise dans le support (pas de perturbation comme sur du cuivre, de bruit). La lumière est aussi moins réceptive à l'atténuation.

La lumière rencontre cependant de l'atténuation qui survient lorsque sont reliés deux extrémités de silice. Dans un diagramme de perturbation de la fibre optique relevé par un réflectomètre, nous avons appris à observer les différentes causes d'atténuation.



4.1: Le signal faiblit naturellement avec la distance. La zone morte correspond à la zone de non visibilité de l'appareil (la lumière étant trop forte pour y discerner quelque chose, plus on émet fort). Un connecteur (comme une prise) fait joindre verticalement ou horizontalement pour les plus récents deux jartières ("câbles") : la lumière rencontre un obstacle car de l'air est entre et y est réfléchi, ce qui provoque une réflectance et une augmentation du niveau de puissance reçue pour l'appareil. Une épissure est une jonction soudée de deux noyaux de silice.

Ce diagramme a été fait sur une longueur d'onde, mais il pourrait être applicable sur d'autres longueurs d'ondes fréquemment utilisées. Celles-ci sont différenciées selon si elles sont utilisées pour des fibres dites monomode (1310 nm et 1550 nm) à un seul chemin ou multimodes (850 nm et 1300 nm) à chemins multiples. Ces longueurs ont été choisies car l'atténuation y est moins importante pour la lumière. La fibre monomode est souvent préférée aujourd'hui.

Beaucoup d'autres notions ont été abordées : cône d'acceptance, fibres multimode à gradient

d'indice, protocole GPON...

4.2 Apprentissages pratiques

Nous avons pu manipuler lors des séances de travaux pratiques des réflectomètres et des fibres optiques afin de monter et caractériser nos premières liaisons.

Un réflectomètre est un appareil de mesure permettant de caractériser le passage de la lumière dans une fibre optique pour s'assurer de son intégrité. Nous avons revu avec eux la différence entre zone morte et zone aveugle, les atténuations générées par les manipulations humaines et tout l'importance de changer la longueur d'onde envoyée selon la distance que l'on souhaite observer.



4.2: Utilisation de l'infrastructure de la salle pour simuler nos premières fibres.

Nous avons aussi vu la technologie WDM. Contrairement aux fibres monomodes qui transportent une longueur d'onde mais en empruntant plusieurs chemins; WDM permet de faire circuler plusieurs longueurs d'ondes, donc plusieurs informations, dans le même support. Cette

technologie est extrêmement utilisé dans les coeurs de réseaux opérateur.



4.3: Mise en place et caractérisation d'une structure WDM en travail pratique.

5

R3.09 Programmation événementielle (15h)

Enseignant
M. Manuel Munier

Unique module de programmation en deuxième année, celui-ci proposait de prendre en main la programmation par intervention d'événements; la programmation événementielle. En outre, de concevoir une application capable de déclencher des événements à l'exécution de telle ou telle interaction (interrogeant des fonctions du code).

L'objectif final de ce module était de créer une application avec un code commenté, un rapport décrivant le travail apporté et la logique de nos programmes, pour enfin fournir une courte présentation et une démonstration à l'issue.

5.1 Conception d'une application de messagerie Python

Le sujet de l'application était imposé : un explorateur MQTT. Nous devions utiliser l'interface graphique de la librairie TKinter déjà utilisée en première année. Nous devions programmer les boutons de l'interface pour effectuer des appels de fonctions dans notre code; notre action étant l'événement dans ce cas. Il était aussi demandé de faire du multithreading, en soit la division de notre code en plusieurs parties légères, plutôt qu'un grand programme gérant le tout.

En backend *derrière l'application, ce que l'utilisateur ne voit pas*, nous nous connectons à un broker MQTT publique, auquel nous souscrivons à un topic unique. Suite à quoi, nous

pouvions envoyer des messages à ce broker que toutes les personnes abonnées au même topic que nous pouvons recevoir (et inversement).

L'intérêt du frontend *interfaçage utilisateur* était de pouvoir s'abonner à des topics, recevoir et envoyer des messages en appelant des fonctions backend.



5.1: Utilisation de l'appliquatif MQTT Explorer pour vérifier le fonctionnement d'un de mes scripts.

6

R3.11 Anglais : le monde du travail **(22h30)**

Enseignant
Jeff

Jeff de son surnom, est notre professeur d'anglais lors de cette deuxième année. Son objectif était de réhausser notre niveau en grammaire et à l'oral pour passer au mieux des examens d'anglais écrits ou des oraux; pour intégrer des écoles d'ingénieurs, nous entainer ou valider notre niveau d'anglais pour de futurs entretiens.

6.1 Grammaire

Nous avons revu avec Jeff des notions importantes de grammaire anglaise pour le passage d'examens écrits tel que le TOEIC pour valider notre niveau de maîtrise. Ce qui nous a conduit à revoir notre formulation, trop courrante ou non adaptée.

L'apprentissage se faisait par le biai de QCM *Questionnaires à Choix Multiples*, pareil pour l'examen.

6.2 Passages à l'oral

Nous avons aussi travaillé notre prononciation et notre aisance à l'oral en proposant des présentations devant notre classe. Jeff nous donnait un choix de sujet (notre enfance ici) et nous

demandait de passer à l'oral sans durée déterminée en nous jugeant sur notre grammaire, notre capacité à répondre aux questions et notre attitude.

R3.14 Mathématiques: Analyse de Fourier


(27h)

Enseignant
Sophie Métatidj

Unique module de mathématiques de cette deuxième année, consacré aux séries et aux transformés de Fourier. Son objectif lors de cette deuxième période était de nous familiariser avec la décomposition de signaux périodiques en sommes de sinusoides, et de pouvoir correctement les manipuler pour la suite.

Chaque signal périodique peut être représenté sous la forme d'une somme infinie de sinusoides simples (une fréquence) par M. Fourier. Plusieurs théorèmes en découlent comme celui de Dirichlet étudié, indiquant qu'en tout point d'un signal périodique, le point pris sera développable en une série de Fourier (en discontinuité aussi, donc pas de point).


Nous avons vu lors des travaux d'intégration la compréhension des sommes de sinusoides et comment les caractériser. En caractérisant les harmoniques d'un signal (paires, impaires selon les signaux périodiques), les aires des périodes et les calculs de série de Fourier en un point défini.



ressources/r314/00.png

7.1: Exemple d'expression d'une expression en série de Fourier SF.

Nous avons aussi caractérisé mathématiquement un signal périodique par le biais de questions pour nous familiariser avec la décomposition en série.



ressources/r314/01.png

7.2: Exemple d'un signal donné à étudié, étude guidé par un enchainement de questions.

L'objectif de cette première période était aussi de nous préparer à ce que nous allions com-

prendre sous le nom de transformées de Fourier TF, nous avons uniquement vu cette période les séries de Fourier SF.