



Référentiel d'activité, de compétences et d'évaluation
Diplôme d'ingénieur diplômé par le Conservatoire national des arts et métiers,
Spécialité Systèmes électroniques

RÉFÉRENTIEL D'ACTIVITÉS	RÉFÉRENTIEL DE COMPÉTENCES	RÉFÉRENTIEL DÉVALUATION	
		MODALITÉS D'ÉVALUATION	CRITÈRES D'ÉVALUATION
<p>Positionner le projet ou la mission par rapport aux besoins du client, et à l'existant sur le marché (et à l'état de l'art), et le mener en concertation avec une équipe et en s'adaptant vis-à-vis de ses interlocuteurs</p> <p>Définir les objectifs du projet et le formuler en termes de problématique électronique</p> <p>Rédiger une documentation technique regroupant les caractéristiques du dispositif (composant, circuit, système) à réaliser en réponse aux besoins du client</p> <p>Réaliser la phase d'étude, de développement et de simulation du dispositif électronique répondant aux caractéristiques définies dans le projet</p> <p>Concevoir et tester le prototype du système électronique à produire afin de valider la solution proposée pour la phase d'industrialisation</p>	<p>Analyser et quantifier le besoin du client en utilisant les démarches de l'analyse fonctionnelle afin de le traduire dans le référentiel de l'entreprise et dans un contexte normatif et réglementaire international.</p> <p>Analyser l'environnement technico- économique du client (contraintes, produits, culture d'entreprise, vocabulaire, ordres de grandeur...) en s'appuyant sur son expertise du domaine des systèmes électroniques afin d'être force de proposition et innovant dans l'élaboration des cahiers des charges (choix technologique adapté en fonction des critères de performances fréquentielles (composants rapides et donc matériaux caractérisés par une mobilité des électrons optimale), performances en puissance, performances thermique, performance en consommation, performance en encombrement (miniaturisation et conception de composants intégrés)), pour assurer la certification des fournisseurs tout en tenant compte des contraintes réglementaires et des enjeux environnementaux de développement durable du milieu de l'électronique.</p> <p>Prendre en compte les enjeux de l'entreprise : dimension économique, respect de la qualité, compétitivité et productivité, exigences commerciales, intelligence économique.</p> <p>Communiquer en fonction du contexte socio-culturel et du niveau de compétences techniques de ses interlocuteurs et communiquer, négocier, à l'oral et à l'écrit y compris en anglais et dans un contexte international.</p> <p>Caractériser et planifier les grandes étapes du développement d'un système électronique et d'une architecture réseaux.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mises en situations encadrées, individuelles et/ou en binôme. - Examens sur table et questionnaires de vérification des connaissances (culture scientifique et technique liée aux activités de l'ingénieur, outils mathématiques nécessaires à l'ingénieur systèmes électroniques, outils informatiques réseaux, chaîne de mesures nécessaires à l'ingénieur systèmes électroniques, etc.). - Projets en groupe sur des scénarios interactifs imposés ou à proposer. - Synthèse et prise de recul des projets menés en entreprise, écrits par l'élève tout au long du parcours de formation et/ou études de cas. - Évaluation professionnelle au travers : <ul style="list-style-type: none"> . de la production de rapports , 	<ul style="list-style-type: none"> - Examens sur table et questionnaires de vérification des connaissances (Culture scientifique et technique liée aux activités de l'ingénieur, outils mathématiques nécessaires à l'ingénieur systèmes électroniques, outils informatiques réseaux, chaîne de mesures nécessaires à l'ingénieur systèmes électroniques). - Restitution écrite et orale par les différents membres du groupe du cahier des charges de projets en groupe sur des scénarios interactifs imposés ou à proposer. - Évaluation des séquences en entreprise : <ul style="list-style-type: none"> . Rapports présentant des projets menés en entreprise, écrits par l'élève tout au long du parcours de formation et soutenance orale devant un

<p>Développer des circuits logiques programmables (FPGA) en utilisant un langage de description matériel comme le langage VHDL</p> <p>Programmer des fonctions de traitement de données/traitement du signal pour processeurs de signaux (DSP) et microcontrôleur.</p> <p>Rédiger un cahier des charges décrivant les spécifications et les éléments d'une chaîne de transmission ou de traitement de l'information à réaliser en réponse aux besoins du client (respect de la qualité de transmission, de la portée, du débit).</p> <p>Concevoir, simuler et tester les éléments d'une chaîne de traitement ou de transmission de l'information</p> <p>Définir l'architecture d'un système de télécommunications filaire ou sans fil à réaliser en réponse aux besoins d'un opérateur ou un client final</p> <p>Concevoir l'architecture et les composants associés d'un système de télécommunications filaire ou sans fil.</p> <p>Concevoir et dimensionner des réseaux de radiocommunications et les systèmes de transmission multi-antennes</p> <p>Analyser le contexte socio-économique du secteur d'activité et de l'entreprise, assurer une veille technologique et proposer des solutions innovantes et tenant compte des enjeux du développement durable Manager une équipe interne et externe, pluridisciplinaire et pluriculturelle</p>	<p>Appliquer les principes généraux des systèmes physiques et des techniques de mesures associées pour l'électronique afin d'identifier la solution technique répondant au besoin du client.</p> <p>Identifier les technologies et architectures des réseaux informatiques et des réseaux de terrains afin d'intégrer la solution ou le système adapté au besoin du client.</p> <p>Effectuer une veille technologique sur les composants électroniques passifs et actifs et les technologies associées (matériaux III-V, Si, circuits intégrés monolithiques ou hybrides) en basses et hautes fréquences afin d'identifier les produits et solutions disponibles, ainsi que leurs caractéristiques, en vue de la conception d'un système électronique analogique ou radiofréquences avec les outils industriels de modélisation et simulation dédiés.</p> <p>Rédiger en français ou en anglais les spécifications relatives aux besoins du client en veillant à identifier les verrous technologiques (limites en fréquence, en bruit, en puissance, en débit, en longueur d'ondes, etc.) et de réaliser une pré-étude du dispositif à réaliser.</p> <p>Rédiger en français ou en anglais le cahier des charges fonctionnel décrivant le composant, circuit, carte ou sous-système à concevoir afin de répondre aux attentes du client (critères telle la fréquence de fonctionnement, le gain hyperfréquence, le facteur de bruit, la qualité de transmission).</p> <p>Effectuer l'étude R&D en identifiant les fonctions et les systèmes électroniques conformes au cahier des charges préalablement défini en appliquant les bases théoriques de l'électronique et des architectures de circuits existantes (amplificateur large bande, faible bruit, bande étroite, mélangeur de fréquences, oscillateurs, filtres actifs et passifs, modulateurs...).</p> <p>Identifier les outils de simulation électrique et numérique afin de simuler les composants, fonctions ou systèmes électroniques et de garantir un bon fonctionnement avant réalisation et mise en œuvre (simulateurs électriques linéaires et non linéaires, simulateurs systèmes).</p> <p>Analyser et interpréter les résultats de simulation des composants, fonctions ou systèmes afin de les optimiser pour répondre aux attentes du client avant la phase de prototypage en agissant sur les valeurs des composants et en utilisant des outils d'optimisation mathématique pour atteindre le but en termes de gain, de facteur de bruit ou de puissance par exemple (méthode des moindres carrés, aléatoires, etc.).</p> <p>Élaborer le prototype du système électronique intégré dans son environnement fonctionnel.</p> <p>Analyser et interpréter la solution validée par simulation en effectuant les tests et mesures requis sur le prototype (caractérisation en fréquence, en gain, en adaptation d'impédance, en bruit et non linéarité, en puissance)</p>	<p>. et/ou de la présentation orale d'un sujet technique devant un jury composé d'enseignants et de professionnels,</p> <p>. et/ou d'entretiens individuels par les tuteurs enseignant et en entreprise.</p>	<p>jury composé de membres de l'équipe pédagogique et de professionnels en activité dans le secteur industriel.</p> <p>- Évaluation du savoir-faire et du savoir-être de l'élève par le maître d'apprentissage tout long de la formation.</p>
---	---	--	---

<p>Rédiger le cahier des charges décrivant les spécifications des éléments d'une chaîne d'automatisation, d'une fonctionnalité industrielle et d'une commande à distance en réponse aux besoins du client ou du donneur d'ordre <i>Activité Spécifique aux formations (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF) et parcours Systèmes électroniques, Télécommunications et Informatique (SETI)</i></p> <p>Concevoir, simuler et tester une chaîne d'automatisation d'un processus industriel pour l'industrie 4.0 <i>Activité Spécifique aux formations (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF) et parcours Systèmes électroniques, Télécommunications et Informatique (SETI).</i></p> <p>Concevoir, simuler et tester une architecture de réseaux pour de la commande à distance de fonction industrielle <i>Activité Spécifique aux formations (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF) et parcours Systèmes électroniques, Télécommunications et Informatique (SETI).</i></p> <p>Identifier, analyser et gérer les situations de risques lors de l'exploitation ferroviaire <i>Activité Spécifique à la formation (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF).</i></p>	<p>réalisé afin d'identifier les appareils et méthodes de caractérisation adéquats selon les fréquences du signal (analyseurs de spectres, analyseurs de réseaux vectoriels, oscilloscopes...).</p> <p>Développer une expertise de simulation et de caractérisation de circuits, fonctions et systèmes RF (LTSpice, PathWave Keysight technologies...) afin de s'assurer de la faisabilité du système électronique avant la phase d'industrialisation.</p> <p>Effectuer une veille technologique en français et en anglais sur les microcontrôleurs, les processeurs de signaux ou de circuits logiques programmables (FPGA) afin de concevoir des systèmes embarqués (contraintes et qualité des signaux d'horloge, temps de traitement et temps de latence) répondant au besoin client.</p> <p>Configurer un schéma des circuits logiques programmables (FPGA) en utilisant un langage de description matériel comme le langage VHDL afin de définir leur architecture.</p> <p>Développer des circuits logiques programmables (FPGA) en utilisant un langage de description matériel comme le langage VHDL pour les composants programmables et en utilisant les plateformes de développement associées comme Vivado ou Quartus.</p> <p>Effectuer l'étude R&D et programmer les fonctions de traitement du signal ou de traitement des données sur microcontrôleurs ou processeur de signaux (DSP) en utilisant un langage de bas niveau comme le langage C et les outils de développement dédiés Visual Studio Code ou Code Composer Studio.</p> <p>Intégrer les fonctions de traitement du signal ou de traitement des données programmées dans un microcontrôleur en tenant compte des contraintes temps réel dans les systèmes à microcontrôleurs et processeurs de signaux pour les systèmes embarqués (contraintes sur les fronts montant et descendant, signal d'horloge, quantification du bruit, échantillonnage).</p> <p>Rédiger en français ou en anglais le cahier des spécifications techniques décrivant les éléments (blocs d'émission et de réception, canal de transmission) d'une chaîne de transmission ou de traitement de l'information afin de répondre au besoin du client (qualité de transmission en termes de taux d'erreur binaire, portée, débit, nombre d'utilisateurs...). Dimensionner (bande de fréquences exploitées, puissance, architecture des systèmes, consommation, etc.) et identifier les différents sous-ensembles (émetteur, récepteur, technologie du canal de transmission, traitement du signal et codes correcteur d'erreur, MIMO/SIMO) d'une chaîne de transmission ou de traitement de l'information afin de définir les critères de qualité de transmission du système déployé pour répondre aux exigences des utilisateurs en fonction de l'environnement dans lequel il sera déployé.</p>		
---	---	--	--

<p>Concevoir, mettre en œuvre et maintenir les installations de signalisation ferroviaire <i>Activité spécifique à la formation (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF).</i></p> <p>Établir et analyser les techniques et méthodes d'analyse critique pour le domaine du ferroviaire <i>Activité Spécifique à la formation (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF).</i></p> <p><i>Activité Spécifique à la formation (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF).</i></p> <p>Définir, dimensionner et mettre en œuvre des réseaux de distribution électrique et leurs protections pour les systèmes ferroviaires <i>Activité Spécifique à la formation (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF)</i></p>	<p>Concevoir des algorithmes de traitement du signal ou de l'image en exploitant les outils théoriques de la discipline (filtrage, représentation, échantillonnage, ...) afin de les implémenter sur une cible matériel (processeur de signaux, circuit logique programmable, ...).</p> <p>Élaborer les éléments d'une chaîne de transmission (codage de source et canal, modulations, égalisation, ...) en vue de leur réalisation matérielle ou logicielle (programmation des circuits dédiés, mise en œuvre des algorithmes d'estimation et de synchronisation, exigences des qualités des fronts et jitter du signal d'horloge, traitement du signal, détermination des modulations numériques en fonction du rapport signal sur bruit).</p> <p>Simuler, tester et valider un dispositif ou un logiciel de traitement ou de transmission de l'information afin de garantir la conformité de son fonctionnement (qualité de transmission du signal en termes de rapport signal à bruit, BER, EVM) avant fourniture à l'utilisateur ou client final.</p> <p>Recueillir et analyser les besoins exprimés par un opérateur de télécommunications ou un client interne/externe afin d'élaborer les spécifications relatives aux aspects techniques, économiques, développements durables en veillant à identifier les verrous technologiques, les risques potentiels et les enjeux sociétaux.</p> <p>Définir l'architecture d'un système de télécommunications composé d'éléments matériels (stations de base, récepteurs radio) et protocoles afin de répondre aux attentes de l'opérateur ou du client final (qualité de transmission minimale, débit visé, sensibilité du récepteur...).</p> <p>Effectuer une veille technologique sur les systèmes de télécommunication permettant d'identifier les innovations, les limites technologiques, les nouvelles normes etc. : format de modulation, signaux analogiques, signaux numériques modulant des porteuses hyperfréquences, transmission numérique en bande de base, lien optique etc., afin de d'intégrer ces éléments dans l'architecture du système.</p> <p>Choisir l'architecture du système de télécommunications filaire ou sans fil (centralisée ou décentralisée, dimensionnement du réseau, ...) et les composants associés utilisés en fonction de leurs caractéristiques (débit, portée, consommation, compromis performance-complexité, etc.,) afin d'élaborer une solution optimale pour le client.</p> <p>Concevoir le système de télécommunications filaire ou sans fil en prenant en compte les contraintes physiques (canaux, largeur de bande, puissance et rayonnement, fiabilité, ...) et afin de répondre au cahier des charges préalablement défini et aux contraintes réglementaires d'exposition aux champs électromagnétiques.</p> <p>Concevoir et dimensionner les réseaux de radiocommunications en utilisant les principes de la propagation radio (méthode du tracé de rayon, modèle</p>		
--	--	--	--

	<p>espace libre ou d'Okumura-Hata, ..., marge en fonction de la qualité minimale souhaitée et de la sensibilité des récepteurs) et la théorie des communications sans fil (calcul de rapport signal sur bruit, choix des modulations, codage canal, ...)</p> <p>Concevoir et dimensionner des systèmes de transmission et de réception multi-antennes en exploitant les techniques de traitement d'antennes (gain d'antennes, gestion des interférences, etc.).</p> <p>Évaluer les performances d'un réseau de télécommunications système (estimation du trafic, qualité de service, ...) en utilisant des outils d'aide à la planification, au dimensionnement, au déploiement et à l'optimisation de réseaux cellulaires (Atoll® ou QOS design®) afin d'optimiser le réseaux de radiocommunications et les systèmes de transmission multi-antennes élaborés.</p> <p>Prendre en compte les enjeux de l'entreprise dans un contexte national et international : économiques, qualité, éthique, déontologie, sécurité et de santé au travail, environnement, développement durable, sociétaux, etc. S'adapter constamment à son environnement : entreprendre et innover.</p> <p>Prendre des responsabilités et des décisions stratégiques au sein de l'entreprise.</p> <p>Mettre en œuvre et piloter une démarche de projet dans un contexte de production technique ou de recherche en mobilisant des compétences pluridisciplinaires dans un cadre collaboratif.</p> <p>Analyser ses actions en situation professionnelle, s'autoévaluer pour améliorer sa pratique dans le cadre d'une démarche qualité.</p> <p>Manager ses équipes en prenant en compte les enjeux des relations professionnelles, de sécurité, santé et diversité.</p> <p>Identifier le besoin et les priorités en matière d'automatisation et de commande à distance d'un client interne ou externe à l'entreprise.</p> <p><i>Activités spécifiques aux formations (par la voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF) et parcours Systèmes électroniques, Télécommunications et Informatique (SETI).</i></p> <p>Rédiger en français ou en anglais le cahier des charges de systèmes d'automatisation, de capteurs d'acquisition des données en temps réel, ou de systèmes de capteurs communicants à partir de l'identification des besoins (l'automatisation d'un process industriel, etc.) du client interne ou externe.</p> <p>Élaborer un système électronique embarquant des capteurs/actionneurs intelligents respectant les contraintes de réalisation et les exigences d'exploitation du process industriel pour l'industrie 4.0.</p>		
--	---	--	--

	<p>Tester et valider le système électronique embarquant des capteurs/actionneurs intelligents et rédiger la documentation d'ingénierie technique correspondante.</p> <p>Concevoir un prototype de la chaîne d'automatisation et/ou une commande embarquée en utilisant une carte DSpace® + Matlab/Simulink, etc., et proposer une solution temps réel afin de piloter le processus industriel pour l'industrie 4.0.</p> <p>Réaliser une veille technologique dans le secteur informatique et des télécommunications afin d'identifier et d'analyser les architectures de réseaux afin de choisir les solutions optimales pour le client.</p> <p>Piloter la réalisation des simulations du dimensionnement des réseaux afin de valider et garantir leur fonctionnement optimal.</p> <p>Développer des logiciels en utilisant la programmation Orientée Objet afin de concevoir et réaliser des composants et applications logiciels pour piloter des architectures de réseaux industriels, réseaux de capteurs, réseaux IoT.</p> <p>Concevoir des réseaux de communications en se basant sur le protocole de communication Low Power Wide Area Network (LPWAN) afin de déployer des réseaux de capteurs dédiés à l'Internet des objets.</p> <p>Identifier, prévenir et gérer les risques liés à l'exploitation ferroviaire en intégrant les règles générales de circulation des trains et d'exploitation, en appliquant les méthodes d'analyse des risques, les normes QHSE afin de protéger le personnel et le matériel des risques de circulation ferroviaire et des risques aggravants, des risques électriques, d'un obstacle ou d'un danger (rupture de rail, dépôts provisoires, obstructions diverses, etc.).</p> <p>Identifier les installations de sécurité et mettre en œuvre les dispositifs de sécurité afin de se déplacer dans les emprises ferroviaires et intervenir en toute sécurité</p> <p><i>Activités spécifiques à la formation (par le voie de l'apprentissage) du site de Paris Saint-Denis, parcours Systèmes électroniques, Signalisation ferroviaire (SESF).</i></p> <p>Identifier le matériel et les principes de fonctionnement des diverses installations de signalisation (AIGUILLES, SIGNAUX, PN, POSTES, KVB, TVM, ETCS, ERTMS...) et des installations de traction électrique.</p> <p>Rédiger et modifier des plans techniques et la documentation ferroviaire afin de faire évoluer les emprises ferroviaires.</p> <p>Utiliser les plans techniques et la documentation ferroviaire afin de coordonner l'activité des équipes de maintenance et de travaux.</p>		
--	---	--	--

	<p>Appliquer les méthodes d'analyse des risques, connaître les normes QHSE et analyser les dysfonctionnements identifiés</p> <p>Interpréter les besoins et techniques de la sûreté de fonctionnement appliquée au domaine ferroviaire afin de concevoir des systèmes critiques</p> <p>Réaliser et mettre en œuvre des réseaux de distribution électrique et maîtriser les principales protections de ces réseaux</p> <p>Établir et analyser le dimensionnement des alimentations en énergie des systèmes ferroviaires</p>		
--	---	--	--