

PROGRAMME DE SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR DANS LA FILIÈRE TSI

1 Année Génie électrique

OBJECTIFS DE FORMATION

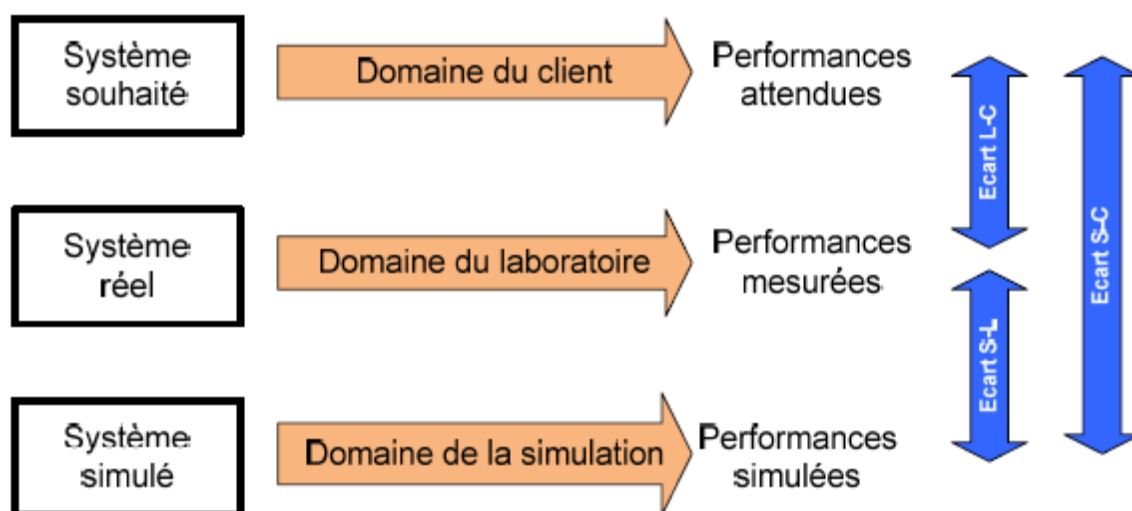
Finalités

La complexité des systèmes et leur développement dans un contexte économique et écologique contraint requièrent des ingénieurs, ayant des compétences scientifiques et technologiques de haut niveau, capables d'innover, de prévoir et maîtriser les performances de ces systèmes.

Le programme de sciences industrielles de l'ingénieur s'inscrit dans la préparation des élèves à l'adaptabilité, la créativité et la communication nécessaires dans les métiers d'ingénieur.

L'enseignement des sciences industrielles de l'ingénieur a pour objectif d'aborder la démarche de l'ingénieur qui permet, en particulier :

- de conduire l'analyse fonctionnelle, structurelle et comportementale d'un système Pluritechnologique ;
- de vérifier les performances attendues d'un système, par l'évaluation de l'écart entre un cahier des charges et des réponses expérimentales ;
- de proposer et de valider des modèles d'un système à partir d'essais, par l'évaluation de l'écart entre les performances mesurées et les performances simulées ;
- de prévoir les performances d'un système à partir de modélisations, par l'évaluation de l'écart entre les performances simulées et les performances exprimées dans le cahier des charges ;
- d'analyser ces écarts et de proposer des solutions en vue d'une amélioration des performances.



Les systèmes complexes pluri-technologiques étudiés relèvent de grands secteurs technologiques : transport, énergie, production, bâtiment, santé, communication, environnement. Cette liste n'est pas exhaustive et les enseignants ont la possibilité de s'appuyer sur d'autres domaines qu'ils jugent pertinents. En effet, les compétences développées dans le programme sont transposables à l'ensemble des secteurs industriels.

1 - Chaîne d'énergie :

Fonctions élémentaires d'une chaîne d'énergie : alimenter, distribuer ou moduler, convertir, transmettre et agir sur la matière d'œuvre

Connaissances	Savoir-faire	Commentaires et limitations
<p>11 -Alimenter en énergie et stocker l'énergie Sources d'énergies Variables potentielles, variables de flux Constituants de distribution Sens de transfert de l'énergie, modes de fonctionnement. Batteries, super-condensateurs. Réseaux de distribution monophasé et triphasé équilibré Réseaux embarqués : piles, panneaux solaires et accumulateurs (différentes technologies et leurs principales applications)</p> <p>Adaptation des niveaux de tension et isolement galvanique (transformateur monophasé)</p>	<p>Donner et utiliser la relation entre tension simple et tension composée. Donner et utiliser la relation entre les courants dans le cas d'un régime équilibré. Calculer une puissance en triphasé équilibré Donner le couplage à effectuer en fonction des caractéristiques du réseau et du récepteur utilisé Utiliser la plaque signalétique d'un transformateur monophasé pour relever sa puissance apparente et déterminer l'intensité maximale admissible au secondaire. Exploiter le schéma équivalent, vu du secondaire, dans les hypothèses de Kapp.</p>	<p>On insiste sur les formes d'ondes et la qualité d'énergie (coupures, creux de tension, harmoniques, compatibilité électromagnétique (C. E. M...)) Les transformateurs seront étudiés en faisant référence au cours de physique. On se limite à l'identification des caractéristiques fonctionnelles fondamentales en entrée et en sortie en vue d'obtenir les performances attendues. On insiste sur la qualité de l'énergie. On insiste sur l'intérêt des super condensateurs dans le stockage et la fourniture d'énergie pour des applications particulières.</p>

<p>12- Actionneurs et pré-actionneurs associés incluant leurs commandes</p> <p>Principe de la conversion électromécanique. Bilan de puissance. Caractéristiques mécaniques.</p> <p>Association convertisseur-machine-charge.</p> <p>-machine à courant continu à excitation séparée ou à aimant permanent ;</p>	<p>Interpréter la plaque signalétique d'une machine Donner qualitativement le principe physique de fonctionnement du moteur à courant continu. Donner et utiliser la relation $E=KN\Phi$ et / ou $E=k'\Omega$. Donner et utiliser le modèle électrique de l'induit en régime permanent (E, R) et/ou en régime dynamique (E, R, L). Donner et utiliser la relation entre couple et intensité dans l'induit. Faire un bilan des puissances et/ou établir le rendement Déterminer la caractéristique mécanique d'un moteur CC et/ou la tracer. Définir les quatre quadrants de fonctionnement et donner les caractéristiques des grandeurs dans chaque quadrant. Donner l'allure des courbes de charge d'un moteur. Donner l'équation fondamentale de la dynamique pour un système en rotation. Etablir l'équation différentielle d'un moteur soumis à un couple résistant indépendant de la vitesse et déterminer la constante de temps mécanique et la valeur finale de la vitesse. Reconnaître l'expression d'un couple de frottement visqueux Interpréter la présence d'un réducteur pour exprimer les vitesses l'une par rapport à l'autre.</p>	<p>La réaction de l'induit est hors programme.</p> <p>Le modèle de l'induit est donné sans justification, il est de type RLE (résistance d'induit R, inductance d'induit L, et force contre électromotrice E).</p>
--	--	--

<p>Conversion continu-continu : Les hacheurs</p>	<p>Calculer la valeur moyenne de la tension de sortie d'un hacheur série dont on donne le schéma. Etablir l'équation différentielle et donner l'expression de l'intensité en sortie d'un hacheur série sur charge L E, la représenter graphiquement. Exploiter et compléter éventuellement les chronogrammes de fonctionnement d'un hacheur série Déterminer l'intensité moyenne en sortie d'un hacheur série sur charge R L E si, à tout instant, R_i est négligeable devant $L \frac{di}{dt}$</p> <p>Expliquer le principe de la commande d'une machine à courant continu dans les quatre quadrants par un hacheur en pont et calculer la tension moyenne dans des cas simples. Énoncer qu'un hacheur élévateur de tension converti une tension continue en une autre tension continue plus élevée.</p>	<p>Les convertisseurs statiques continu – continu au programme sont les hacheurs série, parallèle et 4 quadrants La conduction est supposée continue Les interrupteurs sont supposés parfaits La charge est une source de courant ou une L-E. On se limite à la conversion directe non isolée Les pertes en commutation ne font pas l'objet de calcul ; On insiste sur les formes d'onde et la qualité d'énergie</p>
--	---	--

2 –Chaîne d'information :

Fonctions élémentaires d'une chaîne d'information : acquérir, traiter et communiquer.

Connaissances	Savoir-faire	Commentaires et limitations
<p>21 – les capteurs et détecteurs</p> <p>Place du capteur dans la chaîne de l'information Classification des capteurs Fonction de base et structure fonctionnelle de la chaîne d'acquisition de l'information Nature des informations d'entrée Caractéristiques métrologiques : Etendue de mesure, sensibilité, résolution, justesse, fidélité, précision et temps de réponse. Paramètres d'un capteur communicant</p>	<p>Définir la sensibilité et fidélité d'un capteur ; conditionnement du signal fourni Identifier les capteurs dans la chaîne d'information d'un système ; Définir la nature des informations d'entrée et de sortie d'un capteur ; Justifier leur choix au regard du cahier des charges fourni ; Extraire de la documentation fournie les valeurs numériques caractéristiques des solutions techniques retenues.</p>	<p>Les phénomènes physiques régissant le fonctionnement des capteurs sont étudiés en physique. Les phénomènes physiques mis en œuvre dans divers capteurs (piézoélectricité, variation de résistance, effet Hall, effet Seebeck ...) sont présentés d'une manière simplifiée. On insiste sur les capteurs de position (codeurs optiques), de déplacement, de vitesse, et de température.</p>

<p>22- Traitement analogique de l'information Représentation temporelle (chronogramme) et fréquentielle (spectre), représentation dans le plan complexe.</p> <p>Filtrage Filtres passifs du 1^{er} et du 2^{ème} ordre</p> <p>ALI : Opérations élémentaires (addition, soustraction, multiplication, saturation, intégration)</p>	<p>Définir la fonction filtrage Tracer le diagramme de BODE des amplitudes et des phases à partir de la fonction de transfert.</p> <p>Exploiter un diagramme de BODE pour identifier un filtre. Prévoir le spectre d'un signal obtenu après un filtrage. Identifier le type d'un filtre à partir de sa fonction de transfert. Etablir la fonction de transfert isomorphe d'un filtre.</p> <p>Proposer des structures adaptées au cahier des charges imposé.</p>	<p>On insiste sur le lien entre les caractéristiques fréquentielles et temporelles pour le traitement d'un signal.</p> <p>La fonction filtrage est présentée en physique. L'opération de filtrage se limite à une approche par gabarit. Les filtres sont mis en oeuvre dans le contexte de la mesure sur un système.</p> <p>On se limite au filtre RC et RL. Les filtres actifs ne sont pas au programme.</p> <p>Les ALI sont traités en physique à partir d'un modèle parfait en tant que structure. En GE, seule une approche fonctionnelle est utilisée. Le comportement fréquentiel des ALI en particulier le produit gain x bande passante, est étudié dans le cas d'un système asservi avec une fonction de transfert en boucle ouverte du 1^{er} ordre.</p>
--	--	---

<p>Conversion A/N et N/A : Approche fonctionnelle</p>	<p>Définir un CNA (ou CAN) et donner sa caractéristique de transfert. Tracer la caractéristique de transfert d'un CNA (ou CAN). Déterminer l'expression donnant la tension de sortie du CNA en fonction de l'état logique des entrées et de la tension de référence. Interpréter la notice d'un CNA (ou CAN) Donner le rôle d'un échantillonneur bloqueur, définir échantillon, maintien (ou blocage). ...</p>	<p>Seules les caractéristiques fondamentales sont exposées (nombre de bits, période d'échantillonnage, temps de conversion). Les structures internes des CAN et des CNA sont hors programme.</p> <p>Le théorème de Shannon est donné sans démonstration. Pour les convertisseurs analogique-numérique, la présence d'un filtre anti-repliement est précisée et justifiée sans calcul.</p> <p>- L'étude des conversions analogique-numérique se limite à la dualité temps-fréquence qui sera faite avec une approche fonctionnelle dans le cadre de l'association bloqueur ordre 0 et échantillonneur.</p> <p>- On se limite à l'approche fonctionnelle sans aborder les aspects technologiques.</p>
---	---	---

<p>23 - Conditionnement du signal Caractéristiques principales : bande passante et atténuation. Modulation et démodulation d'amplitude. Principe de la modulation numérique : (exemple : ASK, FSK...) Modulation de largeur d'impulsion (MLI)</p>	<p>Définir l'onde porteuse et l'onde modulante. Donner l'expression d'un signal sinusoïdal modulé en amplitude à partir du schéma fourni comportant un multiplieur. Interpréter le spectre d'un signal modulé en amplitude. Interpréter qualitativement le fonctionnement d'un démodulateur d'enveloppe classique. Réaliser des expériences de modulation et de démodulation d'amplitude. Interpréter les résultats des expériences de modulation et de démodulation d'amplitude.</p>	<p>On se limite à l'approche fonctionnelle sans aborder les aspects technologiques. La modulation et la démodulation d'amplitude numériques sont réalisées par simulation ou autour de systèmes réels. L'étude spectrale n'est pas demandée dans les modulations numériques</p>
<p>24 - Comportement des systèmes logiques Identification des entrées-sorties Notion d'état logique, de fonctions logiques Description d'un système logique par une table de vérité ou d'un logigramme Description d'un système logique par un graphe d'état. Notion d'état, transitions et variables</p>	<p>Déterminer les variables d'entrée et de sortie Identifier les variables d'entrée et de sortie Donner le logigramme du système Exprimer le fonctionnement par un graphe d'état, Décrire le fonctionnement attendu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les outils de simulations graphiques sont utilisés pour réaliser les fonctions logiques complexes, étant entendu que celles-ci sont intégrées dans des circuits logiques programmables et ne se présentent pas sous forme de composants discrets. Les langages de description tels que le VHDL ou Verilog ne sont pas au programme. - La simplification des fonctions logiques n'est pas au programme sauf dans des cas évidents. - Les règles de représentation des graphes sont fournies. L'encapsulation n'est pas au programme. Les bascules et les registres à décalage ne sont pas au programme.

<p>25- Comportement des systèmes numériques Représentation logique : binaire et hexadécimale des nombres réels (positif et négatif, virgule fixe et flottante simple précision). Identification des entrées-sorties. Adressage des variables Boucles. Transitions conditionnelles Fonctions. Description d'un système numérique par algorithme</p>	<p>Interpréter un algorithme représenté sous forme graphique Mettre en œuvre des composants programmables à l'aide d'un outil graphique de description (graphe d'état, algorithme, ...) en y intégrant les constituants réalisant les interfaces entre les grandeurs d'entrées et de sorties</p>	<p>- La gestion des interruptions n'est pas abordée. - Seules les structures algorithmiques de base sont étudiées. La mise en œuvre de ces structures peut être l'occasion de réaliser des correcteurs numériques avec des intégrations et dérivations numériques. La présentation graphique permet de s'affranchir d'un langage de programmation spécifique.</p>
<p>26 - Systèmes programmables Circuits logiques programmables, microcontrôleurs</p>	<p>Donner la structure fonctionnelle et architecture matérielle (unité centrale, entrée - sortie, mémoires, bus d'adresses, de données). Donner la structure logicielle. Mettre en œuvre la chaîne de développement Proposer des évolutions sous forme fonctionnelle Modifier une programmation à l'aide des outils graphe d'états, logigramme ou algorithme</p>	<p>On utilisera une approche graphique pour la programmation. <i>Les langages VHDL ou VERILOG ne sont pas au programme.</i></p>

3 - Protocoles expérimentaux :

Connaissances	Savoir-faire	Commentaires et limitations
<p>Environnement du système. Mise en œuvre d'un système, paramètres de fonctionnement d'un système. Choix des appareils de mesures (position, calibre, période d'échantillonnage, précision). Amplitude des grandeurs, caractéristiques fréquentielle et temporelle. Respect des normes de sécurité, protection des biens et des personnes. Respect d'un protocole expérimental</p> <p>Sensibilisation aux règles d'intervention et à l'habilitation électrique. Prévention des risques.</p>	<p>Mettre en œuvre un système dans le respect des règles de sécurité. Justifier le choix de la grandeur physique à mesurer. Mettre en œuvre un appareil de mesure adapté à la caractéristique de la grandeur à mesurer Choisir les entrées à imposer pour identifier un modèle de comportement Choisir les appareillages et les conditions d'exploitation Régler les paramètres de fonctionnement d'un système Mettre en œuvre un système complexe en respectant les règles de sécurité. Respecter les protocoles expérimentaux Choisir et utiliser correctement un multimètre (A, V, Ω,dB), un oscilloscope éventuellement numérique, une sonde, ... Définir les rôles des organes couramment utilisés dans les armoires électriques : sectionneurs, fusibles, relais, disjoncteurs, contacteurs, contacteurs discontacteurs inverseurs, fusibles, relais thermiques, relais statiques... Interpréter le schéma d'une armoire</p>	<p>Dans le choix de l'appareil (y compris RMS ou non), des calibres et des réglages on attend une autonomie importante, éventuellement avec l'utilisation de la notice de l'appareil.</p>

	<p>d'électrotechnique comportant circuit de puissance et/ou circuit de commande.</p> <p>Indiquer que les interventions électriques sont réglementées, qu'il faut une habilitation pour toute intervention, que les zones autorisées sont strictement définies en fonction du degré d'habilitation.</p>	
--	---	--

**PROGRAMME DE SCIENCES INDUSTRIELLES DE
L'INGENIEUR DANS LA FILIÈRE TSI
2^{ème} année Génie électrique**

4 –Convertir l'énergie :

Connaissances	Savoir-faire	Commentaires et limitations
<p>- Nature et caractéristiques des grandeurs physiques d'entrée et de sortie : continu ou alternatif, Source de courant ou tension parfaite. Caractéristiques statiques et dynamiques des interrupteurs.</p> <p>Réversibilités (quadrants de fonctionnement) Règles d'association des sources parfaites- transformation de la nature d'une source</p> <p>Pertes par conduction.</p> <p>Dissipateur thermique.</p> <p>- Conversion alternatif – continu : Redressement non commandé PD2, P3 et PD3</p>	<p>Choisir un convertisseur en fonction des transferts énergétiques souhaités</p> <p>Déterminer les pertes en conduction dans un interrupteur statique</p> <p>Dimensionner un dissipateur thermique</p> <p>Déterminer les chronogrammes des tensions et des courants. Calculer la valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge. Calculer les courants moyens et efficaces. Calculer la puissance transmise ou fournie à la charge. Choisir les diodes à l'aide d'une notice constructeur. Effectuer des calculs et des mesures d'ondulation. Déterminer les chronogrammes de la tension redressée et des courants dans les</p>	<p>Les caractéristiques statiques des interrupteurs sont limitées aux composants à 2 et 3 segments. Les critères de choix se limitent aux grandeurs électriques et aux nombres de segments.</p> <p>On limite les études aux convertisseurs statiques directs, non isolés. Les convertisseurs statiques au programme sont l'onduleur de tension et les montages redresseurs non commandés PD2 et PD3.</p> <p>Dans le cadre d'une démarche pédagogique, les montages PD2 et PD3 sont abordés à partir des montages P2 et P3.</p> <p>L'étude de la dissipation se fait en régime permanent.</p>

	différents éléments. Exploiter les modèles proposés pour la détermination des pertes dans les redresseurs à diodes	
- Conversion continu – alternatif : Onduleurs autonomes monophasé et triphasé	Déterminer les éléments en conduction Tracer les chronogrammes des tensions. Calculer la valeur efficace de la tension.	On montre l'intérêt de la commande MLI du point de vue de la qualité de l'énergie. Les développements en série de Fourier seront fournis.
- Machine synchrone triphasée ; Commande scalaire Principe de la commande vectorielle	Donner le schéma équivalent monophasé Faire le bilan de puissance (entrée, perte, rendement) Etablir les relations régissant le fonctionnement.	Le modèle statique étudié est le modèle monophasé composé de l'inductance cyclique L_s , de la résistance statorique R_s , et de la force contre électromotrice à vide E_v . Pour le modèle dynamique : <ul style="list-style-type: none"> • On adopte un modèle simplifié dans le plan d,q ($L_d = L_q$) • On donne sans démontrer les résultats des transformations. On insiste sur la commande en couple.
- Machine asynchrone triphasée à cage.	Identifier le régime de fonctionnement Donner les relations mécaniques, électriques et électromécaniques. Etablir le bilan de puissance.	Le modèle étudié est un modèle statique monophasé composé de l'inductance magnétisante L , de la résistance rotorique ramenée au stator et de l'inductance de fuite rotorique ramenée au stator. Seules les commandes scalaires en U/f et en courant sont étudiées. On insiste sur la commande en couple.

5 - Comportement des systèmes :

Systèmes asservis multiphysiques

Connaissances	Savoir-faire	Commentaires et limitations
<p>5 1 Modélisation d'un système multiphysique Définitions et structure d'un système asservi : chaîne directe et chaîne de retour. Consigne et perturbations Asservissement / régulation Définition des performances : stabilité, précision et rapidité. Modélisation et comportement des systèmes linéaires continus et invariants</p> <p>Notions de systèmes linéaires continus et invariants Modélisation par équations différentielles Représentation par fonction de transfert : forme canonique, gain, ordre et classe. Système du 1^{er} et du 2nd ordre : réponse temporelle (échelon et signal sinusoïdal) et fréquentielle (diagramme de Bode uniquement)</p> <p>5 2 Représentation et identification d'un système asservi Systèmes linéaires, continus et invariants Linéarisation autour d'un point de fonctionnement Représentation par schémas-blocs Identification à l'aide d'une réponse indicielle et/ou d'une réponse harmonique pour les systèmes du 1^{er} et du 2nd ordre Position des pôles dans le plan complexe Pôles dominants et réduction du modèle</p>	<p>Établir la transmittance du circuit en régime harmonique. Tracer les diagrammes de Bode (gain et phase) de cette transmittance. Déterminer la réponse d'un circuit à un échelon. Caractériser les familles de réponse indicielle du second ordre en fonction du facteur d'amortissement. Déterminer la fonction de transfert d'un moteur commandé par l'induit en utilisant la transformée de Laplace et énoncer que la fonction de transfert se réduit en pratique à un modèle du premier ordre. Déterminer la fonction de transfert d'un asservissement de vitesse avec correcteur en P et commande par tension d'induit. Déterminer les constantes de temps d'un moteur. Déterminer la fonction de transfert d'un système comportant un moteur en asservissement de position avec correcteur P en négligeant la constante de temps électrique. Donner des causes à l'erreur statique pas tout à fait nulle constatée dans un asservissement de position. Utiliser un correcteur PI ou PID pour réaliser un asservissement de position rapide et précis</p>	<p>- la présentation de la transformée de LAPLACE se limite à son énoncé et aux propriétés strictement nécessaires à ce cours. Le théorème de la valeur finale est donné sans démonstration. La transformée de Laplace inverse est hors programme. - Les systèmes multi-physiques sont limités aux domaines de l'électricité, de la mécanique et de la thermique. Une approche par simulation (module non causal) est privilégiée. - Les représentations dans les plans de Nyquist et de Black sont hors programme. - La définition de la stabilité est faite au sens : Entrée Bornée, Sortie Bornée (EB/SB) ou en terme de position des pôles. Le critère de Routh est hors programme.</p>

<p>5 3 Performances d'un système asservi Stabilité en BO : position des pôles, marge de phase et de gain dans le plan de Bode. Précision : Erreur en régime permanent pour une réponse indicielle ou rampe. Effet d'une action intégrale dans la chaîne directe Rapidité : temps de réponse à 5%, dépassement et bande passante en boucle ouverte.</p> <p>5 4 Contrôle et commande d'un système asservi Correction des systèmes asservis, classe d'une fonction de transfert. Effets sur les performances. Régulateurs P, PI, PD, PID et avance de phase. Discrétisation d'un correcteur</p> <p>5 5 Systèmes non linéaires Hystérésis. Saturation. Seuil.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - La synthèse complète des correcteurs est hors-programme. - La transformée en z n'est pas au programme. Les correcteurs numériques sont déterminés par la méthode de la discrétisation de l'équation différentielle d'ordre 2 au maximum. - les systèmes à retard pur sont traités par des applications. - L'étude théorique des systèmes non linéaires est hors programme. <p>La mise en évidence des non linéarités : Est faite lors des activités expérimentales ou au travers de simulations montrant l'intérêt et les conséquences de ce phénomène</p>
---	--	--

6 - Chaîne d'information :

Transport et transmission de l'information

Connaissances	Savoir-faire	Commentaires et limitations
<p>6 1 Modes de transmission : Modes de transmission série ; mise en œuvre d'une transmission série asynchrone. Topologie, sens de transfert</p>	<p>Définir le principe d'une liaison parallèle Interpréter les niveaux électriques en niveau logiques Indiquer qu'une liaison parallèle n'est utilisable qu'à faible distance. Interpréter un document technique de connecteur parallèle. Définir le principe d'une liaison série Donner la signification des termes simplex, half duplex, full duplex. Donner les caractéristiques qui différencient les liaisons synchrones et asynchrones Décrire la trame de la transmission (Bit de start, bits de données, bit de parité, bits de stop, vitesse en bauds). Calculer le débit maximum en caractères par seconde d'une liaison dont le protocole est donné. Interpréter l'oscillogramme d'un caractère dans un codage sans retour à zéro (NRZ). Repérer les lignes et leurs sens de transmission de l'information et souligner la nécessité ou non d'un "bouchon terminal". Analyser les signaux dans les standards de l'industrie (par exemple RS232, RS422, RS485, USB...).</p>	<p>On n'exige pas l'explication détaillée de la resynchronisation dans le cas de liaison asynchrone</p> <p>On rappelle les niveaux électriques des signaux mais le principe du codage doit être connu.</p>

<p>6 2 Réseaux</p> <p>Architecture matérielle et fonctionnelle des réseaux : supports de l'information, topologie, sens de transfert</p> <p>Caractéristiques d'un canal de transmission.</p> <p>Multiplexage temporel et fréquentiel.</p> <p>Notion de protocole : rôle des champs dans une trame.</p> <p>Architecture protocolaire : organisation en couches fonctionnelles.</p> <p>Adressage physique et logique d'un constituant.</p>	<p>Identifier dans une trame ou un paquet les différents champs,</p> <p>Identifier dans les champs d'une trame ou d'un paquet l'émetteur de l'information,</p> <p>Décoder une information contenue dans le champ des données afin d'en donner sa valeur dans le système international de mesure,</p> <p>Vérifier, dans le champ de contrôle, si la transmission est exécutée sans erreur.</p>	<p>L'étude des différentes architectures est réalisée uniquement en vue de procéder à une classification en terme de performances.</p> <p>On se limite à une approche qualitative des techniques de multiplexage (temporel et fréquentiels) ;</p> <p>Pour les supports de transmission, on propose: les paires torsadées, les fibres optiques et les liaisons sans fil.</p> <p>On se limite aux protocoles de la couche transport (UDP et TCP).</p> <p>On se limite à la couche application du modèle OSI.</p>
---	---	--