

# Rénovation du brevet de technicien supérieur Contrôle industriel et régulation automatique CIRA».

Mardi 8 et mercredi 9 mars 2016



**igen**  
Inspection générale  
de l'Éducation nationale

## Sommaire

1	Introduction.....	3
1.1	Remarques générales .....	3
1.2	Une lecture des compétences.....	3
1.3	Des tâches élémentaires aux tâches complexes.....	3
1.4	Un enseignement explicite, un accompagnement personnalisé.....	4
2	Les savoirs associés .....	5
2.1	S4, physique-chimie des procédés industriels (Annexe 1).....	5
2.2	S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA) (Annexe 2).....	6
2.2.1	Un enseignement concret et explicite .....	6
2.2.2	Une technologie en évolution permanente, de nouvelles responsabilités .....	7
3	Le projet .....	7
3.1	Présentation .....	7
3.2	Préparation des projets .....	9
3.2.1	Dossier de projet fourni par l'équipe pédagogique .....	9
3.2.2	Suivi et dossier technique .....	9
	Annexe 1 : commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels .....	11
	Annexe 2 : commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA).....	36

# 1 Introduction

## 1.1 Remarques générales

Le référentiel constitue un objectif global sur les deux ans de formation. Il ne préjuge en rien de la progression pédagogique sur ces deux années, notamment en fonction de l'origine de chaque étudiant et des contraintes d'horaires et de matériel. Il convient donc d'organiser la progression en fonction des acquis effectifs des élèves et de leur évolution dans la maîtrise des notions.

Ce document propose de préciser certains objectifs à atteindre dans le cadre du programme. Il ne se substitue pas à celui-ci, mais en précise l'esprit et indique quelques pistes pédagogiques pour l'appliquer. Le professeur garde sa liberté pédagogique et le présent document n'a pas de visée prescriptive.

## 1.2 Une lecture des compétences

Les compétences professionnelles sont regroupées en cinq grandes compétences – s'approprier, analyser, réaliser, valider, communiquer – auxquelles se rajoute une compétence liée à l'autonomie et à l'esprit d'initiative dont le développement est, en formation, aussi essentiel que celui des cinq autres. Les verbes d'action utilisés dans les capacités exigibles du référentiel des savoirs se classent naturellement dans les compétences citées ci-dessus et les activités proposées aux étudiants par les professeurs visent les capacités avec un niveau de maîtrise qui croît entre les deux années de formation. Les capacités en lien avec ces compétences précisent ce que l'étudiant doit savoir et savoir-faire en fin de formation et ne constituent pas un catalogue des sujets à traiter et dont il faudrait respecter l'ordre. La liberté pédagogique pour aborder les différentes notions est laissée aux enseignants. C'est une liberté pédagogique collective et non individuelle : la progressivité des apprentissages est établie en équipe, en lien avec tous les enseignements concernés. Ainsi, par exemple, l'étudiant percevra de la cohérence si l'étude des pompes est réalisée parallèlement ou dans la continuité de la séquence portant sur la mécanique des fluides.

La concertation au sein de l'équipe des enseignants intervenants en physique chimie (S4), en CIRA (S5), en Qualité – Hygiène – Santé – Sécurité – Environnement (QHSSE) (S6) et en mathématiques (S3) est indispensable.

## 1.3 Des tâches élémentaires aux tâches complexes

Les tâches élémentaires ne demandent aucune initiative à celui qui les exécute. Au contraire les tâches complexes font à l'appel à l'initiative pour choisir une stratégie de résolution qui ne peut être établie qu'après une réelle compréhension et appropriation de la problématique posée et des notions qu'il faut mobiliser. Une succession de questions simples qui conduisent à un résultat dont on découvre l'intérêt une fois obtenu ou un protocole très guidé forment une chaîne de tâches élémentaires à la succession imposée qui réduit souvent l'étudiant au rôle d'exécutant. Dans certains cas – protocole de réglage par exemple – il est important d'exécuter une succession de gestes techniques dans un ordre précis. De même, certains exercices d'application immédiate peuvent faire appel à une suite de tâches élémentaires.

Cependant, le développement de l'autonomie – développement qui se construit tout au long de la formation et qui n'est pas posé, là, a priori – nécessite de placer l'étudiant dans des situations où il doit choisir, inventer une démarche et la mettre en œuvre. Les problèmes du quotidien en milieu professionnel sont rarement des problèmes d'emblée bien posés et pour lesquels la suite de tâches à effectuer est fournie. Le technicien supérieur CIRA sera confronté à des situations pour lesquelles un diagnostic sera à effectuer avant d'entreprendre toute action. Cette analyse diagnostique n'est réalisable qu'après une bonne compréhension et appropriation du problème – dysfonctionnement, régulateur non optimisé, performances inférieures à celles attendues ...Il devra ensuite puiser dans une documentation à disposition ou à rechercher et, enfin, proposer ou réaliser les tâches techniques qui s'imposent.

Il est donc indispensable de proposer en formation des tâches dites complexes qui peuvent être de natures scientifique ou technologique tout en s'assurant de leur faisabilité par les étudiants. On n'enseigne pas en STS CIRA uniquement par des tâches complexes mais on enseigne aussi et de plus en plus par celles-ci. L'approche par tâche complexe peut être initiée en cours pour introduire une nouvelle étude à partir d'une problématique qui montre l'insuffisance ou l'inadaptation de la réponse initiale apportée.

Lors des épreuves d'examen, l'étudiant sera confronté à des tâches complexes.

#### **1.4 Un enseignement explicite, un accompagnement personnalisé**

Un enseignement est explicite si l'étudiant est informé sur ce qu'il doit savoir et savoir-faire, sur ce qui est attendu de lui lors des évaluations et si le professeur est attentif à la compréhension des termes et des verbes d'action utilisés. Cette explicitation doit permettre aux étudiants d'identifier les objectifs à atteindre et de pratiquer une auto-évaluation.

Un enseignement est explicite si le professeur prend le temps de décrire et de mettre en lien les étapes d'un raisonnement, d'une activité expérimentale ou technique et si l'élève est lui-même capable d'expliquer et de justifier sa propre démarche.

Les étudiants accueillis en STS CIRA ont suivi des parcours scolaires différents les uns des autres et n'ont pas un « bagage » scientifique homogène ; cette hétérogénéité doit être prise en compte pour éviter le découragement et l'échec. Des heures d'accompagnement personnalisé (AP) sont à disposition des professeurs pour prendre en compte la diversité des élèves. Elles sont éligibles aux différentes disciplines du référentiel pour un étayage au fil de l'eau, en fonction de besoins qui peuvent être ponctuels ou plus profonds par exemple sur l'expression orale et la prise de parole. Il peut ne pas être pertinent d'envisager une « remise à niveau » systématique de certains élèves en début d'année scolaire hors de tout besoin identifié. Imaginer que traiter en début d'année en AP tel aspect mathématique ou tel champ de la physique non vu antérieurement chez des élèves en vue d'un réinvestissement six mois plus tard est un leurre. C'est lors du besoin en CIRA ou en physique chimie que cet apport sera le plus efficace. L'AP peut donc faire l'objet d'une programmation au regard du public d'étudiants accueillis, de la progressivité des apprentissages et d'actions plus ponctuelles pour répondre à un besoin émergent.

## 2 Les savoirs associés

### 2.1 S4, physique-chimie des procédés industriels (Annexe 1)

En STS CIRA, l'enseignement de physique-chimie a pour objectif de contribuer à l'acquisition des compétences nécessaires aux futurs techniciens supérieurs. Il s'intéresse plus particulièrement à la maîtrise de connaissances et de modèles physiques et chimiques afin qu'ils soient mobilisables dans le cadre d'une activité professionnelle en ayant le souci de faire acquérir aux étudiants les qualités propres au raisonnement scientifique : objectivité, esprit d'analyse et de synthèse.

Il est attendu de l'étudiant en fin de formation qu'il ait acquis les bases de physique et de chimie en étant en mesure de mobiliser des connaissances, des capacités et des attitudes afin de proposer des solutions aux problèmes qu'il rencontrera dans sa vie professionnelle. L'enseignant partira des acquis des élèves et adaptera sa progression sur les deux ans en fonction de ceux-ci pour arriver au niveau défini dans ce référentiel. Il s'agit donc d'utiliser la liberté pédagogique au maximum afin de rendre concret ces notions de physique et de chimie. Il est important que l'enseignement soit progressif et que chaque notion soit contextualisée et comprise de façon à ce que les principes physiques et chimiques soient pleinement acquis lors de leur mise en œuvre en enseignement technologique. Cela nécessite un réel effort de l'enseignant de physique-chimie pour d'élargir sa culture disciplinaire et technologique et proposer des activités aussi bien expérimentales que théoriques qui soient à la mesure de l'enjeu.

L'enseignant évitera les développements fastidieux et privilégiera la poursuite de l'acquisition de l'autonomie nécessaire à la mise en œuvre de la démarche scientifique.

Il est incontournable qu'en physique-chimie les étudiants soient en mesure de rédiger l'avancement de leurs travaux et de faire part de leur analyse d'un problème, de rendre compte de toute activité menée. L'exploitation de document est un outil qui permet à l'étudiant de répondre à un problème posé mais n'est pas une fin en soi. Toute activité se limitant à un repérage de la solution est donc à proscrire. Par contre toute activité permettant à l'étudiant de réellement travailler par compétences est à encourager.

L'étudiant utilise et connaît les termes anglais du champ du CIRA. Il peut donc être proposé en physique-chimie des activités basées sur des documents scientifiques ou de constructeurs en anglais (catalogue, ...).

Il est nécessaire qu'un étudiant de STS CIRA connaisse des ordres de grandeur propre à son champ d'application.

Les différents aspects de l'informatique doivent être mis en œuvre : traitement de texte pour les comptes rendus, tableurs pour les calculs et les modélisations, traitement de signaux récupérés avec un système d'acquisition ou un oscilloscope numérique, logiciels de simulation, communication entre ordinateurs, entre ordinateurs et appareils, commande de cartes d'acquisition,...

La simulation est un apport essentiel dans la formation. L'enseignement doit être ainsi l'occasion d'aller-retour entre l'expérimentation, la simulation et la théorie qui doivent assurer à l'étudiant une réelle maîtrise des bases scientifiques. Confrontée aux cas concrets étudiés, cette simulation doit être le prétexte à un questionnement de l'étudiant dans la confrontation avec ses hypothèses. L'usage de la simulation est donc un complément indispensable aux activités expérimentales, et vise à aider l'étudiant dans sa compréhension des systèmes et des phénomènes.

Dans le cadre de la STS CIRA, l'enseignement de physique-chimie doit être complémentaire de l'enseignement professionnel en explicitant les principes physiques et chimiques des systèmes qui sont étudiés. C'est pourquoi l'enseignement de physique-chimie doit être contextualisé à l'aide de situations professionnelles basées sur des systèmes industriels ou de recherche. Les notions du programme seront ainsi introduites en relation directe avec les systèmes afin de rendre les concepts physiques et chimiques le plus concret possible aux étudiants. L'objectif visé est que le futur technicien supérieur ait une maîtrise opérationnelle de la physique et de la chimie lui permettant de faire le lien entre l'enseignement de physique-chimie et l'enseignement technologique. Il convient de montrer comment un modèle ou une loi trouve une application dans un appareil, un procédé industriel, et de proposer la démarche inverse : un appareil ou un procédé réel étant donné, reconnaître les phénomènes physiques qui interviennent, établir pour chacun un modèle permettant de relier les paramètres, vérifier la validité de ces modèles.

La physique et la chimie permettent à travers leur enseignement une sensibilisation aux problèmes de prévention des risques professionnels et l'apprentissage des règles élémentaires relatives à la sécurité.

## **2.2 S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA) (Annexe 2)**

### **2.2.1 Un enseignement concret et explicite**

Dans son activité professionnelle, le technicien supérieur CIRA contribue au pilotage, au contrôle et à la maintenance des procédés industriels. Cet enseignement de spécialité, cœur de la formation, aborde un procédé comme un système dont le fonctionnement fait appel à l'instrumentation, au contrôle et à la régulation automatique.

Cette approche systémique se concrétise par un enseignement contextualisé. Le lien avec l'enseignement de physique chimie des procédés industriels est donc tissé pour faire émerger le sens des connaissances et des capacités expérimentales ou technologiques développées. Ainsi, les paramètres d'une régulation sont choisis en fonction des caractéristiques du système à réguler, des contraintes imposées et des performances visées ; cet ensemble de caractéristiques, de contraintes et de performances s'inscrivent elles-mêmes dans une problématique industrielle plus large. Il est donc essentiel pour un étudiant de comprendre que le technicien supérieur qu'il sera à l'issue de sa formation est un maillon essentiel d'une chaîne d'actions et de décisions dont il ne peut ignorer les tenants et les aboutissants.

Les compétences professionnelles visées dans le référentiel s'appuient sur des connaissances techniques et scientifiques indispensables pour l'exercice des métiers dans une autonomie et une responsabilité bien comprises. Placées au service d'un procédé, elles ne peuvent s'acquérir hors de tout contexte dans un enseignement purement théorique ; l'appui sur l'expérience et le contexte est donc indispensable.

### 2.2.2 Une technologie en évolution permanente, de nouvelles responsabilités

C'est parce que la technologie est évolutive que le « référentiel n'y fait pas référence ». Les compétences demeurent et l'adaptation du technicien supérieur à une évolution des systèmes et des technologies en est une.

Les grands principes du CIRA sont assez indépendants des technologies mises en œuvre. Le double mouvement d'intégration d'un grand nombre de fonctions dans un composant et de déportation vers un centre de supervision du pilotage global, le développement des réseaux et des objets connectés sont des éléments qui sont pris en compte dans l'enseignement au même titre que l'analyse et la prévention des risques.

C'est parce que les rôles et les responsabilités du technicien supérieur CIRA dans une entreprise évoluent et évolueront constamment qu'il est indispensable de développer des compétences liées à l'autonomie, l'adaptation et **la responsabilité sans se focaliser uniquement sur la technologie de l'instant.**

De même, les normes citées peuvent être amenées à évoluer au cours de la durée de vie de ce référentiel. Elles seront alors remplacées par les nouvelles normes en vigueur.

L'enseignement en STS CIRA vise à former des techniciens supérieurs « *régulièrement amenés à travailler dans le cadre de projets ou d'interventions techniques nécessitant de la rigueur et un esprit d'analyse et de synthèse* » qui pourra travailler en autonomie ou en équipe.

Le travail collaboratif qui n'exclut pas l'activité individuelle est développé par dans les travaux en groupes à effectifs réduits.

## 3 Le projet

### 3.1 Présentation

Le projet vise à proposer une solution à un problème technique en respectant une démarche cohérente et conforme aux pratiques rencontrées dans les entreprises (démarche de projet, environnement collaboratif et travail d'équipe) et dans un contexte spécifié : contraintes techniques et documentaires, moyens disponibles, contraintes réglementaires et normatives, contraintes environnementales, le tout dans une démarche qualité.

Lors du déroulement du projet, l'étudiant sera amené à mettre en œuvre des dispositifs d'instrumentation - régulation et des automatismes. Il sera placé en situation de mobiliser ses connaissances scientifiques, techniques et méthodologiques et, éventuellement, d'en acquérir de nouvelles.

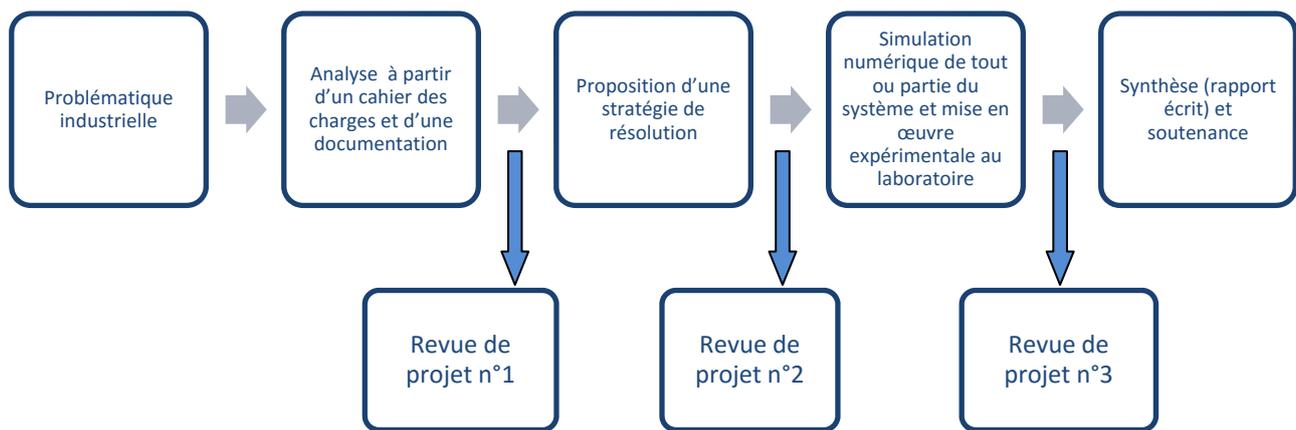
Le projet technique se déroule dans l'établissement de formation et a pour support un thème industriel qui peut être conduit avec un partenaire extérieur (entreprise, laboratoire,

etc.). Il peut être en lien avec le stage en entreprise à condition de ne pas créer d'inégalité entre les étudiants.

Les principales étapes du projet sont les suivantes :

- appropriation et analyse d'une problématique industrielle à partir d'un dossier fourni par l'équipe pédagogique, voire proposée par un groupe d'étudiants, par exemple à la suite d'un stage en entreprise ;
- proposition d'une stratégie de résolution (incluant la planification et l'organisation au sein du groupe);
- simulation numérique de tout ou partie du système ou mise en œuvre expérimentale ;
- validation de la démarche.

La communication sur le déroulement du projet se fait sous la forme de revues de projet régulières et d'un rapport de synthèse.



Le projet, de sa conception jusqu'à sa réalisation concrète, est caractérisé par un travail qui est mené collectivement. Il est réalisé sur une durée de 72 h élèves.

Chaque projet est confié à une équipe (composée idéalement 4 étudiants). La constitution des équipes est sous la responsabilité des professeurs chargés du suivi des projets.

La répartition des tâches au sein de chaque groupe de projet sera faite de telle façon que chaque étudiant puisse être évalué sur l'ensemble des compétences attachées au projet technique dans le cadre de l'épreuve U42 (voir tableau ci-dessous) : chaque membre du groupe doit donc participer à des tâches caractéristiques permettant d'évaluer le niveau d'acquisition de la compétence visée.

Remarque : toutes les compétences du référentiel sont mobilisables pour réaliser le projet confié aux étudiants, mais seules les compétences citées ci-avant seront évaluées.

ANA3	Comparer des solutions techniques à des normes et des réglementations
ANA6	Extraire les informations pertinentes des documents disponibles
REA3	Déterminer les performances et les caractéristiques d'une stratégie de régulation
COM1	Communiquer oralement en français et en anglais scientifique et technique

## 3.2 Préparation des projets

### 3.2.1 Dossier de projet fourni par l'équipe pédagogique

Lors du démarrage du projet, le dossier de projet, qui fixe les contraintes générales, est remis à l'équipe d'étudiants par les professeurs qui encadrent le projet.

On privilégiera l'autonomie des étudiants dans la répartition des tâches à effectuer. Cependant, l'équipe pédagogique s'assurera que cette répartition permettra bien une évaluation de chaque étudiant dans les différentes compétences associées au projet.

Des problèmes de nature diverse peuvent survenir durant la conduite du projet nécessitant la redéfinition ou la redistribution partielle des tâches à effectuer. Une telle situation doit faire l'objet d'un avenant qui sera joint au dossier.

*Validation des thèmes de projets :*

La validation des thèmes de projets ainsi qu'une prévision des tâches associées est réalisée dans le cadre d'une commission inter-académique.

### 3.2.2 Suivi et dossier technique

Les professeurs assurent le bon déroulement du travail de chaque équipe et tiennent à jour une fiche individuelle de suivi.

Cette fiche de suivi comportera des éléments relatifs au travail de groupe ainsi que des éléments relatifs au travail personnel de l'étudiant, par exemple :

- appropriation de la problématique et du cahier des charges ;
- recherche et traitement d'informations autour de la problématique ;
- planification des phases du projet et gestion du temps ;
- proposition de la stratégie de résolution ;
- pertinence et réalisation des activités pour répondre à la problématique : simulation numérique de tout ou partie du système et mise en œuvre expérimentale au laboratoire ;
- validation de la démarche ;
- autonomie, esprit d'initiative et prise de responsabilités ;

- participation au travail d'équipe.

Cette fiche est élaborée et mise à jour par l'Inspection Générale de l'Éducation nationale ; elle est jointe à la circulaire nationale d'organisation des épreuves du BTS CIRA diffusée chaque année.

Les revues de projet ont pour objectifs de suivre l'avancée du projet et de faire travailler la communication en français et en anglais. Elles permettent d'accompagner les équipes d'étudiants et de constater le niveau d'implication de chaque membre de l'équipe. Éventuellement, elles permettent de proposer des apports ou des remédiations, en fonction des besoins.

À l'issue du projet, chaque groupe d'étudiants remet un dossier technique comportant 20 pages au maximum, représentatif de l'ensemble du projet, dans lequel il apparaît clairement :

- l'organisation du travail au sein de l'équipe, avec le partenaire s'il y a lieu,
- les travaux liés à la partie d'étude commune,
- les travaux liés à la partie d'étude spécifique à chaque candidat.

Le dossier comporte une bibliographie en langue anglaise qui servira éventuellement de support à la partie de l'entretien individuel en anglais.

En fonction des spécificités du projet et des contraintes, des documents annexes peuvent être joints sous forme électronique (annexes techniques, programmes complets, manuel d'utilisation, notice de maintenance, etc.).

## Annexe 1 : commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

Notions / contenus	Volume horaire	Capacités exigibles	Commentaires
Réactions nucléaires	3%	Décrire la structure d'un noyau (nombre de masse A, numéro atomique Z). Caractériser l'isotopie.	L'étude se limitera aux couches K, L et M ( $Z < 20$ ).
		Distinguer les réactions nucléaires spontanées et provoquées. Établir l'équation d'une transformation radioactive. Évaluer le défaut de masse et l'énergie dégagée par une réaction nucléaire. Exploiter la loi de décroissance radioactive.	Les lois de Soddy (lois de conservation) seront connues et la loi de décroissance exponentielle sera donnée. La relation d'Einstein devra être connue. Les conversions massiques ( $u$ , kg, $\text{MeV}/c^2$ ) et énergétiques (eV, MeV, J) devront être maîtrisées.
		Définir l'activité d'un radio-isotope et sa période radioactive.	
		Appliquer les règles de radioprotection.	Les règles de protection seront fournies en lien avec l'enseignement de QHSSE. Les relations entre les unités des doses de rayonnement seront fournies.
		Expliquer le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire.	
		Proposer une stratégie expérimentale pour quantifier le rayonnement reçu en fonction du temps, de la distance et des matériaux traversés.	L'utilisation de logiciels de simulation pourra permettre d'illustrer la décroissance radioactive et la quantité de rayonnement reçu en fonction du temps, de la distance et des matériaux traversés.

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

Corps purs et mélanges	4%	Distinguer les différents types de mélanges (suspensions, émulsions, alliages, solutions aqueuses, fumées et brouillards).  Définir le vocabulaire spécifique (homogène, hétérogène, solvant, soluté, solution, aqueux, hydraté, anhydre, solubilité d'un soluté dans un solvant)	
		Définir et évaluer la masse volumique d'une solution, la densité d'une solution, la concentration molaire, la concentration massique, les fractions molaire et massique, les teneurs massique et molaire.  Distinguer la concentration molaire de la normalité.  Établir et appliquer les relations entre grandeurs molaires et grandeurs massiques.	<p>Ce chapitre pourra être complété, si nécessaire, par des rappels sur la quantité de matière et la masse, en fonction des acquis des élèves. Les définitions suivantes seront utilisées pour le calcul des compositions :</p> $\text{fraction massique de } i = \frac{\text{masse de } i}{\text{masse totale}}$ $\text{Rapport massique de } i = \frac{\text{masse de } i}{\text{masse des constituants autres qu}}$ <p>Quelques notations utilisées dans l'industrie (N pour normalité en <math>\text{eq.L}^{-1}</math> et M pour la molarité en <math>\text{mol.L}^{-1}</math>) pourront être présentées.</p>
		Décrire et expliquer le fonctionnement d'un procédé d'extraction liquide-liquide.  Établir un bilan de matière global et partiel pour chacun des constituants d'une extraction liquide-liquide.	Si le matériel est disponible, l'extraction liquide-liquide dans une colonne en continu pourra être présentée.
		Énoncer et appliquer la loi des gaz parfaits.  Définir la pression totale et les pressions partielles pour un mélange gazeux.  Distinguer pression absolue et pression relative.	Les évolutions particulières des gaz parfaits (notamment la loi de Boyle-Mariotte) pourront être étudiées à l'occasion d'activités expérimentales.

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		Établir l'expression et évaluer la masse volumique, le volume massique et le volume molaire d'un gaz parfait dans des conditions données.	La loi de Dalton pour chaque constituant du mélange gazeux sera fournie.
		Décrire et expliquer le fonctionnement d'un procédé d'extraction liquide-gaz : absorption et désorption.  Établir un bilan de matière global et partiel pour chacun des constituants d'une extraction liquide-gaz.  Proposer des stratégies de régulation permettant un fonctionnement optimal d'une installation d'extraction.	Si le matériel est disponible, l'extraction gaz-liquide dans une colonne en continu pourra être présentée.
Réactions chimiques	2%	Décrire la structure électronique d'un atome d'après son numéro atomique.	L'étude se limitera aux couches K, L et M ( $Z < 20$ ).
		Distinguer les liaisons ioniques et les liaisons covalentes.  Représenter des molécules simples dans le modèle de Lewis.	Les formules brute, semi-développée, développée et topologique seront identifiées en prenant les alcanes comme exemples.
		Établir une équation de réaction.  Établir un bilan molaire.	Les réactifs et les produits seront précisés pour l'établissement des équations.
		Définir et évaluer une enthalpie standard de réaction à l'aide de données tabulées.  Distinguer transformations exothermiques et endothermiques.	Les enthalpies de réaction seront calculées à l'aide des enthalpies de formation des corps purs.
		Distinguer les cas d'équilibre chimique et de transformation totale.  Établir l'expression d'une constante d'équilibre.  Identifier les paramètres et appliquer les lois d'influence sur le déplacement des équilibres chimiques.	La notion d'activité pourra être introduite afin de justifier une constante sans unité.  Les lois à utiliser sont celles de la variation de pression, de température et de composition. Les effets de variations de pression, de température et de concentration de l'un des constituants sur l'équilibre seront étudiés.

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

Vitesse de réaction	3%	<p>Définir la vitesse d'une réaction par rapport à un réactif ou un produit.</p> <p>Définir la constante de vitesse.</p> <p>Définir l'ordre d'une réaction par rapport à un réactif et exploiter l'équation donnant sa concentration en fonction du temps.</p> <p>Définir le temps de demi-réaction.</p>	<p>L'étude des lois de vitesse se limitera aux ordres 1 et 2.</p> <p>Les équations donnant la concentration au cours du temps seront données.</p>
		<p>Identifier les facteurs cinétiques : influence de la température et de la concentration à partir de données de suivi de la réaction.</p> <p>Expliquer le rôle d'un catalyseur.</p>	<p>L'identification des paramètres cinétiques pourra faire l'objet d'une démarche expérimentale.</p> <p>Les catalyses hétérogènes et homogènes seront évoquées et une activité expérimentale pourra être l'occasion de distinguer les différents catalyseurs.</p>
		<p>Exploiter la courbe donnant l'évolution d'une composition d'un réactif ou d'un produit dans le temps pour identifier l'ordre de réaction et évaluer la constante de vitesse et le temps de demi-réaction.</p>	<p>Le suivi cinétique d'une réaction lente (oxydoréduction ou saponification par exemple) avec détermination de l'ordre de réaction fera l'objet d'une activité expérimentale.</p>
Combustions	2%	<p>Définir les notions de combustible et de comburant.</p> <p>Énoncer les conditions nécessaires pour déclencher une combustion (explosion).</p>	<p>L'hexagone de l'explosion sera présenté : combustible, comburant, source de chaleur, conditionnement des réactifs, poussières environnantes, limites d'explosivité, LIE et LSE.</p>
		<p>Établir les équations de combustions dans le dioxygène et dans l'air.</p> <p>Établir les bilans énergétiques des combustions (<math>\Delta H</math>, PCI et PCS, pouvoir comburivore des combustibles, pouvoirs fumigènes sec et humide, point éclair).</p>	
		<p>Évaluer les incidences d'excès ou de défaut de combustible ou de comburant.</p>	

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		Exploiter les diagrammes de combustion d'Ostwald ( $O_2$ - $CO_2$ ).	La droite de Grebel qui délimite les différentes zones où pourra se trouver le point figuratif de la combustion sera introduite.
		Proposer une stratégie de réglages de débits d'air et de combustible pour une optimisation du rendement de la combustion.  Proposer une stratégie expérimentale pour effectuer un bilan carbone.	
Changements d'état, équilibres liquide-vapeur, mélanges binaires	4%	Exploiter les diagrammes d'état ( $p,T$ ) et ( $p,v$ ).	L'étudiant devra être capable de préciser à l'aide du diagramme : les positions du point critique, du point triple, des courbes de saturation (courbes de changement d'état) ainsi que les domaines solide, liquide et gazeux.
		Distinguer les types de mélange binaire (zéotrope et homoazéotrope).  Exploiter un diagramme isobare d'équilibre liquide-vapeur pour caractériser un mélange (température d'ébullition, état physique, composition, courbes de rosée et d'ébullition).	L'étudiant devra être capable de préciser à l'aide du diagramme : la nature de ceux-ci (zéotrope ou azéotrope), les températures d'ébullition des constituants du mélange, reconnaître le plus volatil, courbe de rosée et d'ébullition et les domaines, les positions des courbes de rosée et d'ébullition, leurs compositions dans les deux phases.
		Décrire et expliquer le fonctionnement d'un procédé de rectification en discontinu et en continu.  Établir un bilan de matière global et partiel.  Définir le taux de reflux dans une rectification.  Évaluer le rendement de la rectification.  Identifier une rectification à pression atmosphérique, sous vide et en surpression.	Les différentes parties du procédé de l'opération unitaire (préchauffage, bouilleur, colonnes à plateaux ou à garnissage, condenseur, réfrigérant) seront identifiées.  Si le matériel est disponible, une rectification dans une colonne en continu pourra être présentée.

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>Définir les notions relatives à l'hydrodynamique d'une colonne : pertes de charges ; engorgement.</p> <p>Proposer une stratégie de régulation permettant un fonctionnement optimal de l'installation.</p>	
Réactions en solution aqueuse : acide/base et oxydo-réduction	6%	<p>Définir le vocabulaire spécifique: acide, base selon Brönsted, oxydant, réducteur, oxydation, réduction, couple acido-basique, couple oxydo-réducteur.</p> <p>Distinguer une réaction acido-basique d'une réaction d'oxydoréduction en mettant en évidence les échanges de protons puis d'électrons.</p> <p>Établir un lien entre les pouvoirs dissociant, dispersant et solvatant de l'eau, ses propriétés physiques et sa structure moléculaire.</p> <p>Expliquer le cas particulier de l'eau : couples de l'eau, autoprotolyse, <math>K_e</math>, ampholyte.</p>	<p>Le caractère polaire de la molécule d'eau (pouvoir dissociant, dispersant et solvatant) et les liaisons par pont d'hydrogène responsables des valeurs élevées de la capacité thermique massique et de l'enthalpie de vaporisation seront évoquées.</p>
		<p>Réactions acido-basiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir le pH d'une solution aqueuse.</li> <li>- Établir le lien entre le pH et le caractère acide ou basique d'une solution aqueuse.</li> <li>- Évaluer le pH d'une solution aqueuse dans des cas simples.</li> <li>- Exploiter les <math>pK_a</math> et les diagrammes de prédominance</li> <li>- Exploiter une courbe de dosage obtenue par pH-métrie (allure, équivalence, demi-équivalence).</li> <li>- Distinguer les différents indicateurs colorés utilisés.</li> </ul>	<p>L'étudiant devra être capable de réaliser des dosages acido-basiques par colorimétrie et pH-métrie, dont l'équivalence sera déterminée par la méthode des tangentes et par utilisation de la dérivée première ou seconde.</p> <p>Ces dosages se limiteront aux monoacides et aux monobases, aux dosages acide fort par base forte, acide faible par base forte, base faible par acide fort.</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposer une stratégie de régulation pour neutraliser les rejets acides ou basiques ou pour maintenir un pH selon un cahier des charges.</li> </ul>	
	<p>Réactions d'oxydoréduction :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les espèces oxydantes et réductrices.</li> <li>- Établir une demi-équation électronique.</li> <li>- Exploiter l'échelle des potentiels standards pour la prévision des réactions d'oxydo-réduction.</li> <li>- Établir une équation d'oxydo-réduction.</li> <li>- Expliquer le fonctionnement d'une pile rédox (anode, cathode, rôle du pont salin, polarité, sens du courant, déplacement des électrons et des ions).</li> <li>- Évaluer une différence de potentiel (force électromotrice ou fem) en exploitant la loi de Nernst ou à partir des potentiels d'électrode.</li> <li>- Décrire et expliquer le principe de mesure du pH à l'aide d'un pH-mètre.</li> <li>- Exploiter un diagramme potentiel-pH pour prévoir des réactions d'oxydo-réduction ou la stabilité d'espèces chimiques en solution.</li> <li>- Expliquer les phénomènes de corrosion et les moyens de protéger les métaux .</li> <li>- Proposer une stratégie pour se protéger contre la corrosion.</li> </ul>	<p>L'étudiant devra être capable de réaliser des dosages d'oxydo-réduction par colorimétrie et potentiométrie.</p> <p>Une pile simple pourra être réalisée à l'occasion d'une activité expérimentale. La loi de Nernst sera fournie aux étudiants.</p> <p>L'utilisation des diagrammes potentiel-pH sera réservée à des cas simples. La construction des diagrammes est hors programme.</p> <p>Une réaction de corrosion différentielle pourra être présentée pour illustrer les causes de la corrosion.</p> <p>Les moyens de protection suivants pourront être présentés : revêtement de surface, protections chimiques, protection cathodique.</p> <p>Les problèmes liés aux gaz acides/basiques (HCl, NH<sub>3</sub> par exemple), corrosifs (H<sub>2</sub>S par exemple) pourront être abordés.</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

Conductibilité des électrolytes	1%	<p>Expliquer le passage du courant dans un électrolyte (nature, mouvement et mobilité des porteurs de charge).</p> <p>Définir la conductance d'une solution, sa conductivité et sa conductivité molaire.</p> <p>Exploiter la loi d'additivité des conductivités.</p>	<p>La formule de Kohlrausch pourra être fournie pour expliquer la nature du courant dans un électrolyte sous sa forme générale : <math>\gamma = \sum c_i \mu_i z_i N_A e</math> et sous sa forme réduite : <math>\gamma = \sum \lambda_i \chi_i</math></p> <p>On limitera les calculs de conductivité à des cas concrets en évitant les développements trop théoriques. Une analyse qualitative préalable pourra précéder et parfois limiter les calculs.</p> <p>On signalera l'augmentation de la conductivité d'une solution avec la température.</p>
		<p>Expliquer le principe d'une mesure de conductivité.</p>	<p>L'étudiant pourra réaliser des dosages conductimétriques.</p>
Analyse et traitements de l'eau	3%	<p>Établir l'équation d'une réaction de dissolution ou de précipitation.</p> <p>Définir et évaluer la solubilité et la constante de solubilité.</p> <p>Exploiter une courbe de solubilité en fonction de la température.</p>	<p>L'effet d'ion commun et l'influence de la température seront traités qualitativement.</p> <p>Le fonctionnement d'un cristalliseur pourra être expliqué pour illustrer les notions abordées.</p>
		<p>Expliquer la formation du tartre et les problèmes qui en découlent dans les systèmes hydrauliques.</p>	<p>Les conséquences du tartre seront présentées pour les canalisations et les échangeurs thermiques.</p>
		<p>Évaluer la dureté par le titre hydrotimétrique TH, le titre alcalimétrique TA et le titre alcalimétrique complet TAC d'une eau.</p>	<p>Les définitions de la dureté, du TA et du TAC ne seront pas exigibles, elles seront fournies à l'examen si besoin.</p> <p>L'étudiant pourra réaliser la mesure expérimentale de la dureté, du TA et du TAC d'une eau.</p>
		<p>Décrire le principe de fonctionnement des résines échangeuses d'ions, des adoucisseurs d'eau et des techniques membranaires.</p>	

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		Proposer une stratégie expérimentale pour évaluer la qualité d'une eau aux différentes étapes de son traitement.	L'étudiant devra être capable d'exploiter des données relatives à la qualité d'une eau selon son usage.  La qualité d'une eau déminéralisée pourra être caractérisée par sa conductivité et celle d'une eau adoucie par son TH.
		Décrire et expliquer le fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées.	
Chimie organique	1%	Identifier les formules brutes, développées planes, semi-développées et topologiques des isomères des hydrocarbures simples (alcanes, cyclanes, alcènes, benzène) et de leurs dérivés (alcool, acide carboxylique, aldéhydes et cétones) et savoir les nommer.  Établir un lien entre la structure d'une molécule d'hydrocarbure et ses propriétés chimiques.	L'étude se limitera aux hydrocarbures simples (nombre d'atomes de carbone inférieur ou égal à 8). Les différentes représentations pourront être abordées en fonction des besoins (isomérisation, ...).  L'analyse chromatographique en phase gazeuse d'un mélange pourra faire l'objet d'une activité expérimentale.
		Distinguer les trois types de réactions en chimie organique : réactions de substitution, d'addition et d'élimination.	Les mécanismes des réactions seront abordés mais de façon très simplifiée.
		Distinguer monomère et polymère.  Distinguer les types de réactions de polymérisation.  Décrire les propriétés de quelques polymères industriels.	
Les formes et les transferts d'énergie	6%	Caractériser les différentes formes de l'énergie.  Distinguer les différentes formes de transfert d'énergie.  Définir un système (ouvert, fermé, isolé).  Énoncer le principe de conservation de l'énergie pour un système donné.  Associer la température à l'agitation interne des	Les différentes formes de l'énergie seront présentées en indiquant le lien entre les niveaux macroscopique et microscopique :  - énergie interne : agitation thermique et température,  - énergie mécanique : énergie cinétique macroscopique, énergie potentielle, chocs moléculaires sur une surface et pression,

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>constituants microscopiques.</p> <p>Associer l'échauffement d'un système à l'énergie reçue, stockée sous forme d'énergie interne. Définir la capacité thermique massique.</p> <p>Définir l'enthalpie d'un système : <math>H = U + pV</math>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- énergie chimique : énergies de liaison et chaleur de réaction,</li> <li>- énergie électrique : effet Joule et électrons libres,</li> <li>- énergie lumineuse : transitions électroniques et photons.</li> </ul> <p>L'accent sera mis sur les relations entre les différentes unités utilisées (J, W.h, kW.h, eV, MeV, cal, th).</p> <p>À mesure que les notions seront abordées, des analogies seront présentées entre les grandeurs électriques, thermiques et mécaniques équivalentes (ex : potentiel électrique-température-niveau, courant électrique-flux thermique-débit volumique, résistance électrique-résistance thermique-perte de charge).</p>
		<p>Énoncer et appliquer le premier principe de la thermodynamique pour un système fermé et pour un système ouvert avec ou sans transvasement du fluide.</p>	<p>L'énoncé du premier principe se limitera à l'énergie mécanique et à l'énergie interne. L'accent sera mis sur l'équivalence entre tous les types d'énergie (1<sup>er</sup> principe).</p> <p>Le premier principe pour un système fermé sera donné sous forme intégrale en précisant les hypothèses permettant de négliger l'énergie cinétique et l'énergie potentielle. Le premier principe pour un système ouvert sera donné sous forme intégrale sans démonstration en précisant la nature des différents termes de l'égalité, en particulier celle du travail.</p>
		<p>Définir les notions de rendement et d'efficacité énergétiques.</p> <p>Définir la notion de puissance thermique.</p>	
		<p>Distinguer les capacités thermiques massiques <math>c_v</math> et <math>c_p</math> à volume et à pression constante.</p> <p>Évaluer la variation d'énergie interne associée à une</p>	<p>Les relations entre <math>c_v</math> et <math>c_p</math> (relation de Mayer : <math>c_p - c_v = R</math>) seront fournies si nécessaire.</p> <p>Les calculs de variations d'énergie associés aux variations</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>variation de température à l'aide de la capacité thermique massique.</p> <p>Évaluer la variation d'énergie interne associée à un changement d'état à l'aide de l'enthalpie de changement d'état.</p> <p>Évaluer le travail échangé par un fluide avec l'extérieur au cours d'une transformation.</p>	<p>de température ou aux changements d'état seront illustrés par des activités expérimentales de calorimétrie.</p> <p>Des exemples de transformations isothermes, isobares, isochores, adiabatiques, polytropiques seront fournis.</p> <p>Les lois de Laplace relatives aux transformations adiabatiques réversibles devront être connues.</p>
		Établir et exploiter la représentation d'un cycle de transformations dans un diagramme de Clapeyron (p,v) pour évaluer le travail échangé par un fluide avec l'extérieur.	
Statique des fluides incompressibles	4%	<p>Distinguer fluides compressible et incompressible.</p> <p>Définir la pression au sein d'un fluide et l'exprimer dans les unités usuelles.</p> <p>Distinguer pression absolue et pression relative.</p> <p>Définir la masse volumique et le volume massique d'un fluide et leurs liens avec la pression et la température.</p>	<p>La relation entre force pressante et pression pourra être établie expérimentalement : balance manométrique, manomètre de Bourdon.</p> <p>La maîtrise des conversions d'unités sera indispensable (Pa, hPa, MPa, bar, mbar, torr, psi, atm, m d'eau).</p>
		<p>Énoncer et appliquer l'équation fondamentale de la statique des fluides.</p> <p>Énoncer et appliquer le théorème d'Archimède.</p>	<p>L'équation fondamentale de la statique des fluides ne sera pas démontrée mais pourra être vérifiée expérimentalement.</p> <p>Le théorème de Pascal sera étudié en illustration.</p> <p>Le principe d'Archimède pourra être introduit expérimentalement par la différence entre le poids d'un objet et son poids apparent s'il est totalement ou partiellement immergé dans un liquide.</p>
		<p>Proposer une stratégie de choix d'un capteur de pression.</p> <p>Proposer une stratégie de choix d'un capteur de niveau.</p>	La présentation des capteurs sera faite en concertation avec l'instrumentation.

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

Dynamique des fluides incompressibles	6%	<p>Dynamique des fluides parfaits :</p> <p>Définir et évaluer les différents débits (volumique – massique – molaire) avec les unités usuelles.</p> <p>Établir la relation entre la vitesse et le débit volumique d'un fluide.</p> <p>Énoncer et appliquer l'équation de continuité.</p> <p>Énoncer et appliquer le théorème de Bernoulli aux liquides parfaits en termes d'énergie, de pression et de hauteur de liquide.</p>	<p>Les débits et les vitesses des fluides seront définis en valeur moyenne.</p> <p>L'équation de continuité (conservation de la masse, voire du volume dans le cas des écoulements incompressibles) sera admise sans démonstration.</p> <p>Le théorème de Bernoulli sous toutes ses formes (conservation de l'énergie d'un liquide en mouvement) ne sera pas démontré.</p>
		<p>Exploiter la relation entre la pression différentielle dans un organe déprimogène et le débit volumique pour réaliser une mesure de celui-ci.</p>	<p>Une réalisation expérimentale de la courbe d'étalonnage d'un organe déprimogène (venturi ou diaphragme) pourra être réalisée. Le coefficient de décharge sera introduit.</p>
		<p>Dynamique des fluides réels :</p> <p>Distinguer les liquides par leur viscosité.</p> <p>Énoncer les phénomènes liés à la viscosité (pertes de charge, vitesse d'écoulement).</p> <p>Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure de la viscosité.</p> <p>Caractériser le régime d'un écoulement avec le nombre de Reynolds.</p> <p>Évaluer les pertes de charge régulières et singulières par le calcul ou en utilisant des abaques.</p> <p>Énoncer et appliquer le théorème de Bernoulli aux liquides visqueux en termes d'énergie, de pression et de hauteur de liquide.</p>	<p>Les viscosités cinématique et dynamique seront présentées conjointement, et les unités pratiques des deux grandeurs (<math>\text{Pa}\cdot\text{s}</math> et <math>\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}</math>) devront être connues.</p> <p>Les appareils de mesure de la viscosité suivants : chute de bille, capillaire et rotatif pourront faire l'objet d'activités expérimentales. Les fluides non newtoniens pourront être présentés à cette occasion.</p> <p>Les expressions des pertes de charge régulières (lois pour les différents types d'écoulement) et singulières seront fournies. Des mesures expérimentales des pertes de charge régulières (ou linéaires) et singulières pourront être réalisées en activités expérimentales (influences du diamètre et du matériau du tube, des caractéristiques physiques du fluide et de son régime d'écoulement).</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>Mise en mouvement des liquides à l'aide de pompes :</p> <p>Énoncer et appliquer le théorème de Bernoulli généralisé aux liquides visqueux avec pompage.</p> <p>Évaluer la hauteur manométrique et le " Net Positive Suction Head" (NPSH) disponible caractéristiques d'un circuit.</p> <p>Exploiter les données-constructeur et les caractéristiques du circuit et du liquide pour choisir une pompe.</p> <p>Estimer le risque de cavitation à l'aide du NPSH requis.</p> <p>Évaluer la puissance utile et le rendement électromécanique d'une pompe.</p> <p>Distinguer les principaux types de pompes : volumétriques et centrifuges.</p> <p>Proposer une stratégie de choix d'une pompe en fonction d'un cahier des charges.</p>	<p>Si le matériel est disponible, le tracé de la caractéristique d'une pompe centrifuge (hauteur manométrique, puissance absorbée et rendement en fonction du débit volumique) pourra faire l'objet d'une activité expérimentale avec réalisation d'une association de pompes en parallèle ou en série en présentant les analogies avec l'électricité.</p>
<p>Transferts thermiques en régime stationnaire</p>	<p>6%</p>	<p>Distinguer les trois modes de transferts thermiques (conduction, convection et rayonnement) et appliquer les lois associées pour évaluer la puissance échangée.</p> <p>Définir et évaluer une résistance thermique d'un système et un coefficient global d'échange pour la conduction et pour la convection.</p> <p>Définir et évaluer le flux thermique à partir des résistances thermiques et d'une différence de température.</p>	<p>Les lois de Fourier (conduction), Newton (convection) et Stefan (rayonnement) seront données sans démonstration.</p> <p>Dans le cas du rayonnement, il conviendra de distinguer absorption, réflexion et transmission, de présenter le modèle du corps noir et de citer les lois de Wien et de Stefan ; l'exemple d'un chauffe-eau solaire pourra illustrer les lois présentées.</p> <p>Les calculs de résistances thermiques concerneront des systèmes de formes plane ou cylindrique. Les analogies thermoélectriques (flux-intensité, température-potentiel, résistances thermique et électrique, loi de Fourier-loi d'Ohm) sont attendues.</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>Établir et évaluer une puissance échangée en régime stationnaire entre deux fluides au sein d'un échangeur pour les deux modes de circulation : contre-courant et co-courant.</p> <p>Représenter et exploiter un profil de température.</p> <p>Évaluer un écart moyen de température afin de déterminer une surface d'échange.</p> <p>Définir et évaluer l'efficacité d'un échangeur.</p>	<p>Les principaux types d'échangeurs seront présentés : faisceaux tubulaires, double enveloppe, serpentin, échangeurs à plaques.</p> <p>Si le matériel est disponible, un échangeur de chaleur pourra faire l'objet d'une activité expérimentale : calcul des puissances échangées par chaque fluide (évaluation des pertes, calcul d'efficacité, influence du mode de circulation et des valeurs des débits).</p> <p>La formule pour évaluer l'écart moyen de température sera donnée.</p>
		<p>Expliquer le rôle et le fonctionnement d'une chaudière.</p> <p>Établir et évaluer la puissance thermique nécessaire pour produire un débit massique de vapeur donné.</p> <p>Définir et évaluer le rendement d'une chaudière.</p> <p>Évaluer un débit de combustible nécessaire et son coût financier.</p>	<p>Le procédé industriel d'évaporation pourra servir d'illustration pour réaliser des bilans de matière (global et partiel) et d'énergie.</p> <p>Une étude des régulations nécessaires au bon fonctionnement de l'installation pourra être réalisée en lien avec le cours d'instrumentation.</p>
Machines thermiques	4%	<p>Énoncer et appliquer le premier principe de la thermodynamique pour un système ouvert.</p> <p>Définir une transformation réversible.</p> <p>Distinguer les évolutions réversibles et irréversibles.</p> <p>Définir la variation d'entropie d'un système.</p> <p>Évaluer l'entropie échangée par un système au cours d'une transformation réversible.</p> <p>Appliquer l'inégalité de Clausius pour une transformation irréversible.</p>	<p>L'expression du premier principe en système ouvert sera donnée sous forme intégrale sans démonstration en précisant la nature des différents termes de l'égalité, en particulier celle du travail.</p> <p>L'entropie sera définie comme une fonction susceptible d'évaluer la quantité de désordre dans un système.</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>Évaluer le rendement ou le coefficient de performance d'une machine thermique en fonction des énergies échangées avec l'extérieur.</p>	<p>L'étude des cycles de Carnot réversibles (sens moteur et sens inverse) servira de base pour les définitions des rendements et des efficacités.</p>
		<p>Identifier le diagramme à utiliser pour représenter un cycle de transformations.</p> <p>Représenter le cycle d'évolution d'un fluide dans un diagramme thermodynamique : <math>p = f(v)</math>, <math>p = f(T)</math>, <math>p = f(h)</math>, <math>T = f(s)</math>, <math>h = f(s)</math> et l'exploiter pour évaluer des grandeurs d'état.</p> <p>Exploiter les données affichées sur les diagrammes pour calculer les grandeurs énergétiques et les paramètres qui interviennent.</p>	<p>L'étudiant devra savoir représenter un cycle donné sur les différents diagrammes.</p> <p>Les cycles de Beau de Rochas (moteur essence), de Joule à détente tronquée (moteur Diesel), de Rankine et Hirn (générateur de vapeur) pourront être étudiés à titre d'exemples et servir pour montrer les limites du modèle des gaz parfaits.</p> <p>Le lien sera établi entre le travail échangé par le fluide avec l'extérieur et les aires du cycle sur les diagrammes <math>p = f(v)</math> et <math>T = f(s)</math>.</p>
		<p>Décrire et expliquer le fonctionnement d'une machine thermique fonctionnant selon un cycle récepteur (pompe à chaleur et machine frigorifique).</p> <p>Décrire et expliquer le fonctionnement d'une machine thermique fonctionnant selon un cycle moteur (générateur de vapeur).</p> <p>Proposer une stratégie pour améliorer le rendement ou le coefficient de performance d'une machine thermique.</p>	<p>Si le matériel est disponible, l'étude d'une machine frigorifique pourra faire l'objet d'une activité expérimentale.</p> <p>Le générateur de vapeur sera illustré à travers l'étude d'une centrale thermique.</p>
<p>Lois des circuits électriques.</p> <p>Puissances et énergie.</p> <p>Mise en œuvre de capteurs passifs</p>	7%	<p>Mettre en œuvre les lois fondamentales des circuits électriques en régime variable.</p> <p>Représenter un capteur actif par un modèle équivalent.</p> <p>Exploiter des informations relatives au fonctionnement d'un capteur pour déterminer sa réponse à un mesurande.</p> <p>Déterminer la puissance ou l'énergie électrique reçue ou</p>	<p>Cette partie doit permettre la remise à niveau des étudiants, provenant de cursus variés, dans lesquels l'enseignement de l'électricité a été minimal.</p> <p>Dans cette partie, il s'agit de :</p> <p>définir la notion fondamentale de modèle électrique équivalent d'un dispositif de mesures et d'un capteur</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

<p>résistifs, capacitifs, inductifs et optiques.</p> <p>Modèle du capteur actif.</p>		<p>produite par un dipôle.</p> <p>Déterminer les caractéristiques statiques et dynamiques d'un capteur et le modéliser par un circuit du 1er ou 2nd ordre.</p> <p>Déterminer les caractéristiques d'un conditionneur de capteur.</p> <p>Identifier un régime transitoire et un régime permanent.</p>	<p>(capteurs passifs résistifs, inductifs ou capacitifs, et capteurs actifs, suivi d'un montage de conditionnement).</p> <p>de sensibiliser les étudiants sur le domaine de validation, de la linéarité, du temps de réponse.</p> <p>L'étudiant doit comprendre ce que représente un schéma électrique. Il doit être capable d'établir une relation entre une grandeur mesurée et une grandeur électrique produite par un capteur nécessitant ou pas, un circuit de conditionnement à partir d'un calcul utilisant les lois fondamentales des circuits électriques et des composants élémentaires ou l'exploitation de documents. Les montages sont issus de l'instrumentation : pont de Wheatstone, pont diviseur de tension, ...</p> <p>Les relations <math>R = \rho \frac{l}{S}</math> et <math>C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_R S}{e}</math>, les relations d'associations série et parallèles des résistances, la loi de joule doivent être maîtrisées. Et la relation entre tension et intensité pour une bobine parfaite d'inductance L : <math>u_L = L \frac{di}{dt}</math> et pour un condensateur de capacité C : <math>i_C = C \frac{du_C}{dt}</math> et évidemment la loi d'ohm doivent être connues.</p> <p>L'identification du fonctionnement d'un dipôle actif générateur en source de courant (modèle de Norton) ou en source de tension (modèle de Thévenin) doit être maîtrisée.</p> <p>Il s'agit de faire comprendre que les grands modèles de la physique (équations différentielles du 1er et 2nd ordre) se retrouvent dans tous les domaines de la physique et de la</p>
--	--	--	---

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

			<p>technologie.</p> <p>La transformée de Laplace permet de faire le lien avec le domaine professionnelle lorsqu'il s'agit de modéliser un dispositif électrique d'ordre 1 ou 2 ou lors d'associations en cascade de fonctions. On peut montrer le lien avec l'équation différentielle mais sans que cela soit exigible à l'examen.</p> <p>La conversion intensité en tension par utilisation de shunt (conversion intensité 4-20 mA / tension 1-5 V) doit être maîtrisée. De même, l'étudiant doit être capable d'établir un chronogramme de grandeurs électriques à partir d'un montage utilisant les composants de l'optoélectronique (photorésistance, photodiode, phototransistor, optocoupleur), leur fonctionnement idéalisé étant rappelé et la méthode de résolution guidée.</p>
<p>Perturbations électromagnétiques et protections.</p> <p>Bruit.</p> <p>Blindage.</p>	2%	<p>Définir la structure d'une onde électromagnétique comme l'association d'un champ électrique et d'un champ magnétique.</p> <p>Définir la compatibilité électromagnétique d'un dispositif de mesure et plus généralement d'un système et effectuer une recherche sur une norme.</p> <p>Citer des causes ou sources de perturbations électromagnétiques, d'origine humaine ou naturelle, produites par rayonnement, par conduction ou décharge électrostatique.</p> <p>Citer les conséquences possibles des perturbations électromagnétiques sur un dispositif de mesure, de traitement de la mesure, ou informatique.</p> <p>Énoncer quelques techniques ou moyens de protection d'un système électrique contre les perturbations</p>	<p>Le contenu des normes de compatibilité électromagnétique n'est pas exigé.</p> <p>Cette partie doit se traiter à partir d'une approche expérimentale ou d'analyse de documentations. Pour les évaluations, on fournira des informations nécessaires pour que l'étudiant puisse restituer ses connaissances sur ce thème. Par exemple, il pourra exploiter une relation donnant le rapport signal sur bruit, analyser un texte évoquant les problèmes des parasites, ou la compatibilité électromagnétique.</p> <p>Parmi les conséquences possibles des perturbations, on peut attendre de l'étudiant des réponses comme destruction de composants, brouillage, défauts de mesure.</p> <p>Pour la protection, on limite la compétence à citer blindage et/ou filtrage et énoncer qu'un blindage n'est efficace que s'il</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		électromagnétiques.	est continu et relié à la terre.
<p>Nature des signaux en instrumentation.</p> <p>Analyse spectrale.</p> <p>Régime sinusoïdal permanent.</p> <p>Filtrage.</p> <p>Numérisation d'un signal analogique.</p>	6%	<p>Distinguer les différents types de signaux : analogiques, échantillonnés, quantifiés, numériques, modulés, périodiques, aléatoires, à partir d'une représentation temporelle ou fréquentielle.</p> <p>Énoncer qu'un signal périodique se décompose en série de Fourier et peut être représenté par un spectre discret et qu'un signal non périodique peut être représenté par un spectre continu.</p> <p>Exploiter le spectre d'un signal périodique pour le caractériser : valeur moyenne ou composante continue, fondamental, harmoniques présents, taux de distorsion harmonique.</p> <p>Identifier les performances ou la nature d'un système linéaire à partir d'une réponse indicielle ou d'une analyse fréquentielle.</p> <p>Caractériser un signal sinusoïdal par une représentation à l'aide d'un nombre complexe, un vecteur de Fresnel et une expression temporelle permettant de définir sa valeur instantanée, son amplitude, sa valeur efficace, sa pulsation ou sa fréquence, et sa phase.</p> <p>Définir les termes gain, bande passante, réjection, déphasage, ordre d'un filtre et exploiter la relation entre gain et amplification.</p> <p>Tracer expérimentalement le diagramme de Bode d'un système linéaire et l'exploiter pour le caractériser.</p> <p>Exploiter le diagramme de Bode d'un système pour déterminer sa réponse à un signal périodique.</p>	<p>On pourra donner une forme développée et/ou condensée de la série de Fourier d'un signal et demander la représentation graphique du spectre d'amplitude ou de valeur efficace.</p> <p>L'étudiant doit être capable de construire, dans un cas simple, le spectre de la réponse à un système de réponse fréquentielle connue (diagramme de Bode fourni) connaissant le spectre du signal d'entrée.</p> <p>On n'exige pas à l'examen l'exploitation du spectre de phase même si amplitude et phase sont indispensables pour modéliser complètement un signal.</p> <p>Aucune mathématisation n'est demandée, on veut simplement que le vocable "transformée de Fourier" soit différencié de "série de Fourier"</p> <p>L'étudiant doit être capable de calculer les valeurs moyenne et efficace dans le cas de signaux simples.</p> <p>Les impédances complexes ou opérationnelles doivent être introduites mais l'objectif reste l'étude de montages de mesures, de filtres simples du premier ou second ordre. Les montages plus complexes ne doivent être appréhendés que par un diagramme de Bode (gain) ou par une fonction explicitée.</p> <p>On insiste sur le filtrage de type passe-bas qui est le seul vraiment important en instrumentation. Le tracé à la main ne se fait que dans des cas simples. On utilise à cette occasion un logiciel de simulation et de tracé de réponses.</p> <p>Les systèmes à identifier peuvent être les filtres (passe bas, passe haut, passe-bande, réjecteur) ou un intégrateur, un</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>Évaluer un taux de distorsion harmonique à partir d'une définition.</p> <p>Énoncer le rôle des éléments composant une chaîne d'acquisition de données et de restitution.</p> <p>Énoncer et appliquer le théorème de Shannon et expliquer le rôle du filtre anti-repliement pour déterminer une fréquence de coupure adaptée au signal à traiter.</p> <p>Distinguer le spectre d'un signal échantillonné d'un signal non échantillonné.</p> <p>Exploiter les caractéristiques d'un CAN (nombre de bits, résolution ou quantum, pleine échelle, temps de conversion, erreur de quantification) et donner la valeur numérique élaborée par le CAN pour une entrée donnée.</p>	<p>correcteur PI, .... Dans ces derniers cas, d'autres précisions doivent être données, comme une réponse indicielle par exemple</p> <p>L'étudiant doit être capable d'identifier et de citer le filtre anti repliement, l'échantillonneur bloqueur, le multiplexeur s'il est présent et le CAN pour l'acquisition et le CNA, le filtre de lissage pour la restitution ou l'élaboration d'un signal analogique à partir d'un signal numérique.</p> <p>Il ne faut pas chercher à présenter les différentes technologies des CAN, l'approche boîte noire ou fonctionnelle doit être privilégiée. On peut néanmoins évoquer les structures algorithmiques.</p> <p>L'étudiant doit être capable de donner le résultat d'une conversion à partir d'informations : connaissant le nombre de bits et soit le décalage (CAN unipolaire ou bipolaire) et la résolution (ou pas de quantification), soit les valeurs extrêmes, ou la pleine échelle). Le résultat peut être demandé en décimal, en binaire et/ou en hexadécimal.</p> <p>On pourra introduire la notion d'erreur des CAN (erreurs de gain, de décalage, de linéarité) éventuellement à partir d'une documentation constructeur.</p>
<p>Amplification à référence commune.</p> <p>Amplification différentielle et d'instrumentation</p>	<p>3%</p>	<p>Établir une relation de transfert de montages de conditionnement de signaux : décalage de zéro, amplification, conversion courant-tension ou tension-courant.</p> <p>Exploiter les caractéristiques d'un amplificateur d'instrumentation.</p> <p>Énoncer l'intérêt d'une transmission en mode différentiel.</p>	<p>L'étude de montages de mise en forme du signal provenant du capteur (décalage, amplification, conversion tension-courant...) doit être guidée en exploitant les propriétés de l'amplificateur opérationnel idéalisé. Les étudiants doivent savoir que les courants d'entrée sont négligeables et ils doivent être capables d'identifier le fonctionnement en régime linéaire ou non, et d'en déduire sa conséquence sur la tension différentielle. La sortie sera considérée comme une source de tension parfaite. Toute autre information utile doit</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

			<p>être fournie. Le montage doit trouver sa place dans la chaîne de mesure.</p> <p>La relation définissant le taux de réjection de mode commun sera fournie comme la relation générale  <math>US = ADUD + AMCUMC + U0</math> en rappelant les définitions des termes.</p> <p>L'importance de l'erreur du mode commun doit être abordée sous forme expérimentale.</p>
<p>Régime triphasé.</p> <p>Distribution.</p> <p>Domaines de tensions.</p> <p>Risque électrique.</p> <p>Habilitation électrique.</p> <p>Normes électriques.</p> <p>Transformateurs.</p> <p>Appareillages de protection et de commande.</p> <p>Instruments de mesure de grandeurs électriques.</p>	6%	<p>Identifier les grandeurs simples et composées d'une distribution triphasée.</p> <p>Citer les différents schémas de liaison à la terre (TT, IT, TN).</p> <p>Choisir et réaliser le couplage adapté entre le réseau disponible et la machine utilisée.</p> <p>Déterminer les puissances active, réactive et apparente pour une installation monophasée et triphasée. Évaluer le facteur de puissance d'une installation électrique.</p> <p>Énoncer que le danger d'électrocution est lié à l'intensité du courant, à sa nature et à sa durée.</p> <p>Énoncer les limites des domaines de tension TBT et BT.</p> <p>Appliquer strictement les consignes de prévention des risques.</p> <p>Énoncer 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>	<p>La relation entre les valeurs efficaces des grandeurs simples et composées doit être connue.</p> <p>Les étudiants doivent être capables d'identifier les trois schémas de liaisons à la terre.</p> <p>En cours, on dispense la formation aux risques électriques, certifiant les étudiants au niveau BE mesurage.</p> <p>Le transformateur est supposé parfait. Il est important de signaler le rôle du transformateur dans son rôle abaisseur ou élévateur mais également pour l'isolation de circuits et dans la sécurité électrique.</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>Énoncer les associations ou interférence de risques.</p> <p>Exploiter la plaque signalétique d'un transformateur monophasé pour identifier les grandeurs électriques primaires et secondaires et appliquer les relations d'un modèle idéalisé.</p> <p>Définir les rôles et identifier sur un schéma, les organes couramment utilisés dans les armoires d'électrotechnique : sectionneurs, fusibles, disjoncteurs, contacteurs, relais thermiques.</p> <p>Choisir et utiliser les appareils de mesures : multimètres, pinces ampèremétriques et wattmétriques, oscilloscopes, fréquencemètres.</p>	<p>Les schémas proposés doivent rester simples et adaptés à des dispositifs de démarrage de moteurs ou de variateurs de vitesse associés.</p>
<p>Support de la transmission des signaux.</p> <p>Codage des signaux en bande de base ou en modulation.</p>	<p>4%</p>	<p>Énoncer et distinguer les différents modes de transmission avec ou sans support et leurs caractéristiques : fil de cuivre, paire torsadée, coaxial, fibre optique, ondes.</p> <p>Énoncer que, pour éviter toute réflexion, il faut que l'impédance de charge de la ligne soit égale à l'impédance caractéristique de la ligne.</p> <p>Distinguer transmission en bande de base et en modulation, transmission libre ou guidée.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement un dispositif de transmission d'informations codées numériquement.</p> <p>Exploiter l'oscillogramme d'une transmission, le protocole de codage étant fourni et inversement donner une trame connaissant le mot à transmettre et le protocole de codage.</p> <p>Distinguer le débit binaire en bit par seconde du débit</p>	<p>L'étudiant doit être capable de citer les avantages et les inconvénients des différents modes et supports de transmission.</p> <p>Cette partie doit être illustrée avec des exemples concrets provenant du domaine professionnel : liaison RS485, protocole HART, codage Manchester, liaison USB, ...</p> <p>On ne donne aucune structure des circuits permettant de réaliser une modulation ou la transmission. L'approche expérimentale ou documentaire est à privilégier. Aucune connaissance ni développement de l'équation des télégraphistes.</p> <p>La relation de l'impédance caractéristique d'une ligne à faible perte est donnée. On pourra par exemple, mesurer l'inductance linéique et la capacité linéique d'une ligne pour en déduire son impédance caractéristique. On pourra également mettre en œuvre expérimentalement le</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

		<p>maximum en caractères par seconde (en baud) d'une liaison dont le protocole est donné.</p>	<p>phénomène d'atténuation du signal le long d'une ligne.</p> <p>L'étudiant doit citer l'existence de plusieurs types de fibres (monomodes, multimodes), comprendre l'intérêt de la modulation.</p> <p>La relation entre longueur d'onde, vitesse de propagation et fréquence doit être connue.</p>
<p>Principe du traitement numérique du signal.</p>	<p>2%</p>	<p>Établir un équivalent numérique à un système analogique et en vérifier les limites.</p> <p>Déterminer la réponse d'un système numérique défini par son équation de récurrence.</p> <p>Représenter un système numérique par un schéma.</p>	<p>S'il s'agit d'écrire la relation de récurrence à partir de l'équation différentielle, l'étudiant doit être guidé dans la démarche en donnant le maximum d'informations. A l'examen, la méthode d'Euler est suffisante (dérivée avant ou arrière) : il s'agit de montrer le principe du passage du domaine analogique au domaine discret. Par contre, on exige la connaissance de l'équivalence formelle entre <math>s(n-i)</math> et <math>z^{-i}s(z)</math> pour établir la relation en <math>z</math>. Le passage de l'équation en <math>z</math> à une équation de récurrence et vice versa est donc exigible sur des cas simples.</p> <p>On n'exige pas de l'étudiant le passage de <math>p</math> à <math>z</math>.</p> <p>Les systèmes étudiés doivent être du domaine de la mesure : filtres passe-bas, correcteurs, ...</p> <p>On rappelle le formalisme utilisé bloc additionneurs, retard d'un rang, multiplication par une constante. L'étudiant doit être capable de déterminer la relation de récurrence à partir d'une représentation graphique de l'algorithme.</p>
<p>Élaboration de signaux analogiques.</p> <p>Fonction comparaison</p>	<p>2%</p>	<p>Exploiter les caractéristiques d'un CNA (nombre de bits, résolution ou quantum, pleine échelle, temps de conversion, erreur de quantification) et donner la valeur numérique élaborée par le CNA pour une entrée donnée.</p> <p>Identifier la fonction comparateur à un seuil ou à deux</p>	<p>Une approche fonctionnelle et expérimentale doit être privilégiée.</p> <p>L'exploitation des chronogrammes du signal d'entrée et de la sortie permet aussi de déterminer la (ou les) tension(s) de</p>

Commentaires sur les savoirs associésS4, physique-chimie des procédés industriels

<p>analogique ou commande TOR.</p>		<p>seuils à partir de chronogrammes des signaux d'entrée et de sortie.</p> <p>Déterminer expérimentalement les caractéristiques d'une commande TOR avec ou sans hystérésis.</p> <p>Tracer le chronogramme de la sortie d'un comparateur à hystérésis connaissant le chronogramme de la tension d'entrée.</p>	<p>seuil.</p>
<p>Commande des moteurs électriques.                  Convertisseurs statiques.                  Modélisation des composants en commutation par des interrupteurs fermés ou ouverts.                  Relais statiques, gradateurs.                  Redresseurs commandés et non commandés.                  Hacheurs.                  Onduleurs.</p>	<p>6%</p>	<p>Distinguer les différents types d'interrupteurs statiques.</p> <p>Identifier la nature de la fonction réalisée à partir de chronogrammes ou du spectre des grandeurs électriques d'entrée et de sortie.</p> <p>Énoncer qu'une bobine a pour conséquence de lisser le courant la traversant et qu'un condensateur a pour conséquence de lisser la tension à ses bornes.</p> <p>Expliquer le rôle de protection de la diode de roue libre dans les commandes de relais ou de contacteurs.</p> <p>Associer l'évolution des grandeurs de sortie en fonction de la variation des grandeurs de commande (rapport cyclique pour un hacheur, angle de retard à l'amorçage pour un pont redresseur commandé, angle de commande pour un gradateur, tension ou fréquence pour un onduleur).</p> <p>Exploiter une documentation de constructeur d'un variateur de vitesse.</p> <p>Énoncer l'intérêt des onduleurs autonomes pour les alimentations de secours.</p>	<p>On demande de reconnaître les composants présents sur le schéma d'un convertisseur et de préciser s'ils sont commandés ou non, unidirectionnels ou bidirectionnels.</p> <p>Aucune étude de structure interne de convertisseur ne doit être proposée pour l'examen, l'approche doit être uniquement fonctionnelle. Ainsi, l'étudiant doit être capable de donner une correspondance entre des formes d'ondes d'entrée et de sortie avec la définition ou la fonction d'un convertisseur (AC-DC, DC-DC, DC-AC). L'analyse peut être complétée par l'étude des spectres des signaux notamment dans le cas d'un onduleur à commande MLI.</p> <p>Le lien entre commande (rapport cyclique, retard à l'amorçage) et évolution de la grandeur commandée en sortie est essentiel.</p> <p>On pourra montrer expérimentalement que les commutations de puissance sont sources d'harmoniques qui doivent être filtrées : les filtres n'interviennent pas seulement pour traiter des signaux issus de la mesure.</p>

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

<p>Actionneurs électromécaniques</p> <p>Machines à courant continu.</p> <p>Machines synchrones et asynchrones.</p>	<p>7%</p>	<p>Exploiter la plaque signalétique d'une machine pour déterminer les caractéristiques mécaniques, électriques et de sécurité d'une machine à alimentation continue ou alternative.</p> <p>Exploiter la caractéristique mécanique d'un moteur pour déterminer graphiquement le point de fonctionnement, la caractéristique de la charge étant donnée.</p> <p>Établir et exploiter un bilan de puissances et évaluer le rendement des moteurs à courant continu, sans balais et asynchrone.</p> <p>Exploiter la présence d'un réducteur pour exprimer les vitesses et moments de couple en amont et en aval.</p> <p>Représenter et exploiter le modèle équivalent de l'induit d'une machine à courant continu à flux constant en régime permanent et appliquer les relations <math>E = K\Omega</math> et <math>T_{em} = KI</math>.</p> <p>Exploiter une commande d'une machine à courant continu dans les quatre quadrants et énoncer que le moteur à courant est réversible.</p> <p>Énoncer que la machine synchrone est réversible (alternateur) et expliquer son rôle dans la production d'énergie.</p> <p>Associer à chaque moteur le convertisseur de commande à vitesse variable.</p>	<p>On exige la relation entre puissance et moment du couple.</p> <p>L'exploitation de la plaque signalétique permet de compléter les informations nominales. Par exemple, la puissance active consommée, le rendement, le couple mécanique utile, et le glissement dans le cas d'un moteur asynchrone.</p> <p>On peut expliquer le principe physique des actionneurs à courant continu en évoquant la loi de Faraday et la force de Laplace. Et montrer expérimentalement le principe physique de fonctionnement d'un moteur asynchrone en évoquant la présence de champ tournant, de courant induit et de loi de Lenz.</p> <p>On montrera comment inverser le sens de rotation d'un moteur.</p> <p>Le réducteur sera supposé sans pertes.</p> <p>Pas d'établissement de l'équation des caractéristiques mécaniques mais uniquement un tracé expérimental pour le moteur à courant continu et pour le moteur asynchrone ou l'exploitation de caractéristiques issues de documentations de constructeurs.</p> <p>L'utilisation du hacheur 4 quadrants est l'occasion de montrer la réversibilité de la machine à courant continu ainsi que la rotation dans les deux sens.</p> <p>On pourra distinguer les différentes lois de commandes (<math>U/f</math>, scalaire ou vectorielle) pour permettre le choix d'un variateur de vitesse pour un moteur asynchrone.</p> <p>L'étude détaillée du fonctionnement des moteurs (synchrone, asynchrone, à courant continu ou brushless) n'est pas</p>
--	-----------	--	---

Commentaires sur les savoirs associés S4, physique-chimie des procédés industriels

			<p>exigible pour l'examen. Mais l'étudiant doit pouvoir nommer à partir d'un schéma éclaté de la constitution interne d'un moteur, les bobines excitatrices, le rotor, le stator, les aimants permanents, le collecteur pour un moteur à courant continu.</p> <p>Il doit pouvoir également :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>exploiter une documentation pour répondre à des questions relatives au choix d'un moteur compte-tenu d'un cahier des charges, de son environnement, ....</li><li>associer une machine à son électronique de commande.</li></ul>
--	--	--	--

## Annexe 2 : commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

Notions / contenus	Volume horaire	Capacités exigibles	Commentaires
Métrologie	2%	Utiliser les grandeurs et les unités du système international, les normes et les directives (NF X 07-001, 2004/22/CE,...)	Faire la différence entre appareil certifié et appareil accrédité. Il sera inutile de faire l'étude de normes dans leur totalité. Par exemple, on trouvera : Dans la norme NF X 07-001, le vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie.  Dans la directive 2004/22/CE (en annexe 1), les exigences des appareils utilisés pour les échanges commerciaux.
		Expliquer le choix d'un appareil de mesure (type, gamme, précision)	L'appareil de mesure est ici celui qui sert d'étalon de travail pour la calibration d'un transmetteur ou convertisseur. Le choix de cet étalon doit dépendre de : son calibre (gamme), sa précision, ses critères d'acceptabilité, EMT : écart maximum toléré
		Définir les règles d'étalonnage.	Bien définir les différences entre le réglage d'échelle (calibration) et l'étalonnage. Faire remarquer qu'industriellement l'étalonnage fait l'objet d'un rapport (certificat d'étalonnage).
		Évaluer l'incertitude d'une mesure en prenant en compte les éléments de la chaîne de mesure.	Se cantonner uniquement aux critères EMT sans étude statistique. Il faut que le futur technicien ait un regard critique sur le choix de ses appareils étalon de travail. Distinguer les tests de conformité de réglage (limites réglées) et de calibration (vérification de quelques mesures intermédiaires). Il sera nécessaire d'appliquer un regard critique sur l'erreur déterminée en prenant en compte la précision de chaque

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

			<p>appareil utilisé.</p> <p>Définir la notion de précision probable d'une chaîne comme la prise en compte de la précision de tous les éléments de la chaîne (moins dispersive que la précision globale). Aucune étude probabiliste n'est demandée.</p>
Généralités sur la Mesure Industrielle	4%	Identifier ou expliquer les critères de choix d'un appareil de mesure par son rôle, sa localisation, la normalisation des signaux, ses caractéristiques métrologiques.	Identifier les règles de montage à partir de la documentation constructeur et savoir préciser les choix de raccords (filetage, NPT, MALT), instrument 2 fils et 4 fils et identifier les influences du mesurage sur le procédé.
		Identifier les grandeurs d'influence sur la mesure.	L'étude de l'environnement de la mesure doit conduire à la détermination des paramètres d'influence : exemple : évolution de la température sur une mesure de pression.
		Expliquer le rôle du filtrage sur la mesure.	Savoir dimensionner la constante de temps d'un filtre sur la mesure pour s'affranchir de certains paramètres d'influence.
		Mettre en œuvre un protocole expérimental de filtrage de mesure.	En lien avec les enseignements de physique-chimie.
		Définir la loi de conformité d'un instrument ou convertisseur.	On limite cette démarche expérimentale à la validation des critères d'acceptabilité avec les notions abordées en métrologie.
		Pratiquer une démarche expérimentale de vérification de cette loi.	Cette démarche expérimentale doit prendre appui sur la partie « métrologie » où il peut être intéressant de réaliser une calibration complète intégrant : réglage, loi de conformité, validation (EMT).
		Définir les règles de montage de l'appareil de mesure sur le procédé et son raccordement côté signal de mesure.	Ce sera l'occasion de faire les liens avec les choix des brides et presse-étoupe pour la partie signal et de préciser les principales différences de type de montage suivant le type de fluide.
		Énoncer les critères de choix d'appareil en atmosphère explosive.	Aboutir aux modes de protection différents (se protéger d'une atmosphère ATEX). Se référer aux directives ATEX.
Définir le niveau d'intégrité de sécurité (safety integrity level) SIL.	Il est indispensable de relier le classement de l'installation au choix des instruments. Toutefois, il n'est pas demandé d'entrer dans les détails de calculs des niveaux de SIL. Il faut donner aux étudiants les notions de réduction des risques		
		Appliquer les critères de niveau de sécurité au choix de	

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

		l'appareillage (SIL, safetyinstrumentedfunctionSIF et hazard and operabilitystudyHAZOP)	possibles sur les installations. Les instruments de mesure et d'action en font partie. Cela peut permettre d'introduire les SIS (Système Instrumenté de sécurité) ou automates de sécurité.
		Établir le schéma « Plan de Circulation des Fluides (PCF) » d'une installation en respectant les normes de schématisation.	On peut utiliser différents standards industriels mais seule la norme NF E 04-203 :1991et ISO 14617-6:2002pourra être utilisée dans les sujets d'examens.
		Établir le schéma de boucle d'une installation.	Ce schéma doit être relié à l'enseignement d'électricité. Il fait apparaître les câblages et les locaux techniques ainsi que les zones. La schématisation électrique (schéma de boucle) est une bonne application pour montrer la sectorisation et la localisation de l'appareil.
		Proposer les matériels de contrôle, de régulation et d'instrumentation adaptés afin de répondre à un cahier des charges.	Lier les types de matériels (cartes E/S)aux instruments.
		Établir une liste d'instrumentset les classer en base de données par leurs spécifications en vue de leur implantation sur l'installation.	Ce travail permet de répertorier l'ensemble des instruments en fonction de leurs spécificités. Il sert à justifier les technologies des instruments de mesure (lien instrument-procédé), à la gestion du parc et de les classer (standards de mesure, type de liaisons, protocoles de communication, ...) pour identifier les matériels de régulation et d'automatismes nécessaires (choix des cartes E/S).
Convertisseur de signaux	2%	Pratiquer une démarche expérimentale pour la mise en œuvre et le réglage de convertisseurs de signaux de procédé usuels.  Exploiter une loi de conformité.	Réglage de convertisseur de type I/P ou P/I ou U/I ou I/U.  Cette partie est à relier à la métrologie en montrant l'intérêt des choix d'un appareil étalon.
Mesures de pression de niveau de température de débit	17%	Identifier les principes physico-chimiques mis en œuvre dans les différents capteurs.	Éviter les catalogues des cellules de mesure et se cantonner à une représentation fonctionnelle (corps d'épreuve + transducteur + traitement de signal) et établir un lien entre les lois de la physique ou de la chimie et les associations "corps d'épreuve-transducteurs" présents dans les principaux

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

			capteurs utilisés dans le domaine professionnel. En lien avec les enseignements de physique-chimie.
		<p>Expliquer les critères de choix d'un capteur en fonction d'une application industrielle.</p> <p>Exploiter un cahier des charges pour proposer la technologie de mesure la plus adaptée.</p> <p>Identifier les grandeurs d'influence.</p>	<p>Cette partie doit être appliquée à la technologie de capteur permettant de déterminer un choix technologique de mesure et l'appliquer à un contexte de mesure.</p> <p>Spécificités pour la mesure de pression :</p> <p>Identifier l'appareil à utiliser en fonction de l'application mesure absolue, différentielle, relative de pression, choix des piquages ...</p> <p>Utiliser différents appareils et protocoles (analogique, HART, Propriétaire, ...).</p> <p>Spécificités pour la mesure de niveau :</p> <p>Énoncer les principes de mesures continues : hydrostatique, plongeur, électriques (conductimétrique, résistif, capacitif), à ondes (RADAR, SONAR, Laser), rayonnement nucléaire, magnétostrictif.</p> <p>Énoncer les principes de mesures TOR : lame ou barreau vibrant, à contact.</p> <p>Préciser les dispositifs complémentaires : colonnes sèches, humides, tubes de mesure, ...</p> <p>Spécificités pour la mesure de température :</p> <p>Énoncer les principes de mesure des sondes usuelles : sondes résistives (2, 3 ou 4 fils), thermocouples (circuit de compensation de soudure froide), thermométrie optique.</p> <p>Préciser dans le cas de sondes, l'influence de la longueur de fils de liaison sonde/transmetteur.</p> <p>Spécificités pour la mesure de débit :</p> <p>Énoncer les sondes de mesures usuelles : par mesure de pression différentielle, électromagnétique, à ultra-sons et Doppler, micro-ondes, Coriolis, massique thermique, Swirl, etc...</p>
		Pratiquer une démarche expérimentale de réglage de l'instrument en fonction du cahier des charges.	Validation du réglage en fonction des qualités métrologiques de chaque appareil utilisé dans le protocole puis en réalisant

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

			<p>la loi de conformité théorique et pratique.                  Cette pratique expérimentale doit aboutir à la validation des critères d'acceptabilité et doit être réalisée pour tous les instruments, avec ou sans protocole de communication (HART, Fieldbus, Profibus, propriétaire).                  Il est indispensable de montrer les performances et spécificités des nouveaux appareils de mesures : performances métrologiques et appareils multi-variables. Ces particularités doivent appuyer les critères de choix des instruments tout en marquant les complexités de réglage (l'aspect budgétaire peut être dans certains cas mis en avant).</p>
Analyse industrielle Pour les gaz et les liquides	2%	Définir une boucle de traitement d'un échantillon.	On présentera le rôle fonctionnel de l'analyse industrielle sans entrer avec précision dans les technologies usitées. Parler de la nécessité de l'échantillonnage et de la phase de traitement : on présentera cette approche par des exemples industriels.
		<p>Établir un lien avec le cahier des charges pour identifier les éléments constitutifs de la boucle de traitement.</p> <p>Distinguer l'analyse de liquide et l'analyse de gaz.</p> <p>Expliquer le choix de l'appareil.</p> <p>Expliquer le rôle de l'appareil dans le cadre de la démarche QHSSE de l'entreprise.</p>	Faire le lien avec les cours de physique-chimie et les lois ou grandeurs physiques images (loi de Nernst, conductimétrie, chromatographie, Loi de Bert Lambert).
Vannes de réglage	6%	Énoncer les éléments constitutifs d'une vanne de réglage.	Distinguer les types vannes par les corps et servo-moteurs. Définir les caractéristiques de vannes intrinsèques et installées.
		<p>Identifier les différents types de corps de vanne et leurs applications.</p> <p>Identifier le positionneur et son rôle fonctionnel.</p> <p>Distinguer le circuit de puissance et le circuit de</p>	Bien introduire le fait que le positionneur est le seul élément configurable de la vanne et qu'il permet d'améliorer les performances de la vanne et son adaptabilité au procédé.

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

		commande.	
		Exploiter un cahier des charges afin de proposer la technologie la plus adaptée.	
		Mettre en œuvre un protocole expérimental pour le relevé et la modification de la caractéristique de la vanne associée au positionneur.	Exploiter les caractéristiques de vanne et faire le lien avec le procédé.
		Dimensionner une vanne de réglage et évaluer si l'écoulement est critique ou non.	En lien avec les enseignements (dynamique des fluides) de physique-chimie.
		Identifier les paramètres d'influences et les contraintes liées à la cavitation.	
Pompes, variateurs, contrôleurs de puissance	3%	Énoncer les similitudes et les différences entre les pompes centrifuges et volumétriques.	Faire ressortir les intérêts de chaque type et les placer dans un exemple industriel.
		Distinguer le circuit de puissance et le circuit de commande.	Le relevé de caractéristique n'est pas demandé mais la comparaison vanne de réglage / pompe + variateur doit être mis en avant.
		Établir un lien entre les lois de la physique, les caractéristiques mécaniques et hydrauliques des pompes utilisées dans le domaine professionnel.	
		Établir un lien entre les applications et les lois de commandes des variateurs.	Mise en évidence des différents types de commande (train d'onde, angle de phase).
		Pratiquer une démarche expérimentale permettant de relever les caractéristiques « loi de commande /débit » ou « loi de commande/puissance ».	On pourra s'appuyer sur la démarche utilisée pour les vannes de réglage et montrer l'impact sur le procédé.
Analyse fonctionnelle	3%	Exploiter les schémas PCF-TI (Tuyauterie et Instrumentation)	Éviter l'utilisation des dénominations "grandeurs d'entrée" et "grandeurs de sortie" mais plutôt « grandeurs à maîtriser » et « grandeurs incidentes » Normes ISO 14617-6:2002 et NF E04-203
		Établir un bilan des grandeurs fonctionnelles : réglantes, réglées, perturbatrices.	
		Définir les objectifs de la régulation d'une manière générale.	Mettre en évidence l'intérêt de la régulation par les critères de performances (stabilité, précision, rapidité).

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

		Identifier les contraintes globales du système.	
		Distinguer une analyse statique d'une analyse dynamique.  Proposer une stratégie expérimentale afin de modéliser le procédé et mettre en œuvre un protocole associé.	Se cantonner aux modèles du 1 <sup>er</sup> ordre ou 1 <sup>er</sup> ordre retardé par une modélisation de Broïda. Préciser les deux modèles naturellement stable et instable (ou intégrateur).
		Caractériser un procédé par sa fonction de transfert en boucle ouverte en le liant à des fonctions physico-chimiques.	Le calcul sur des fonctions de transfert (FT) en "p" doit être associé à un outil d'analyse et de programmation.
		Définir la stabilité d'un système.  Estimer la stabilité et la rapidité d'un système en boucle ouverte en utilisant la réponse temporelle à une sollicitation.	On pourra faire les liens avec le temps de réponse vu en physique chimie.
Systèmes en Boucle fermée	6%	Concevoir une boucle de contrôle - régulation en fonction du cahier des charges.  Analyser une boucle de contrôle - régulation en fonction du cahier des charges.	Là encore il faut se rapprocher des critères de performance et des objectifs à atteindre.
		Établir la fonction de transfert en boucle fermée connaissant le correcteur choisi et la fonction de transfert en boucle ouverte du système.  Définir le choix d'un correcteur associé à un modèle d'un système et à une réponse souhaitée.  Établir la fonction de transfert du correcteur connaissant les fonctions de transfert en boucles ouverte et fermée.	Le cahier des charges imposant les critères adaptés à l'élaboration de la FT en BF. L'écriture normalisée de ces FT pouvant servir à donner des premières conclusions sur les modèles de comportement en BF. L'apparition des nouveaux outils de régulation permet aujourd'hui de ne plus utiliser un régulateur PID « classique » mais de travailler à partir du CDCC (Cahier Des Charges Client) : on impose un type de réponse et on détermine le correcteur adéquat.
		Énoncer le compromis des critères de performances (stabilité, précision et rapidité)	
		Estimer la performance des systèmes bouclés par une analyse de la réponse temporelle suite à une sollicitation.	L'approche temporelle reste suffisante pour conclure sur la performance.

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

		Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'évaluer les critères de performance.	
Configuration des API, régulateurs, SNCC,	13%	Définir la structure matérielle d'un automate programmable industriel (A.P.I.)  Identifier les formats des variables disponibles.	Il sera judicieux de lier les choix des matériels (instruments analogiques ou numériques, cartes d'entrées-sorties) aux variables nécessaires au stockage des données. Il peut être opportun de se synchroniser avec les enseignements concernant la partie « électronique numérique » vue en physique chimie.
		Exploiter une entrée logique ou analogique associée à un capteur.  Exploiter une sortie logique ou analogique associée à un actionneur.	
		Définir les actions proportionnelle P, intégrale I, dérivée D et préciser leur rôle.  Définir le sens d'action d'un correcteur.  Configurer un correcteur en fonction du cahier des charges.  Mettre en œuvre des protocoles expérimentaux sur des systèmes à régulations de niveau, pression, température, débit avec un outil industriel.	Il est intéressant d'associer les actions à la performance de la boucle fermée pour amener le futur automaticien à adapter « sur site » des réglages initialement calculés. Introduction aux outils implémentés dans les SNCC et les API : régulateur prédictif, régulateur à logique floue, correcteurs numériques ; les présenter comme une « boîte noire » à régler. Il ne sera pas nécessaire d'avoir une approche mathématique pour utiliser ces outils. L'approche méthodologique est à privilégier en utilisant au maximum les documentations des constructeurs. Mais aucune connaissance théorique concernant ces modèles implémentés ne peut être exigée à l'épreuve U5. L'utilisation de régulateurs mono ou multiboucle, SNCC et langages associés est ici vivement conseillée.
		Mettre en œuvre des protocoles expérimentaux sur des systèmes industriels séquentiel (batch)	Recettes de fabrication, distillation discontinue, automatismes de fonctionnement, ...
		Modéliser les régulateurs industriels par leurs équations récurrentes.	Équations récurrentes, outil « z » qui peut être aussi amené par le filtrage de la mesure, ou qui permet de compléter les bibliothèques existantes.

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

		Mettre en œuvre une stratégie de régulation avec un A.P.I.	Il peut s'agir de PID mono ou multiboucle, de générateur de profil de consigne, de correcteur numérique, ... Il sera intéressant d'utiliser ces stratégies dans une séquence d'automatismes.
Optimisation de réglage	4%	Mettre en œuvre une démarche expérimentale permettant l'évaluation ou l'adaptation des actions d'un correcteur.	Rôle des actions PID sur les performances d'une boucle de régulation
		Établir les liens entre les critères de performances et les actions de réglage. Proposer une solution d'optimisation.	Définir la forme normalisée d'un second ordre. L'écriture sous forme canonique permettant d'accéder aux paramètres associés aux critères de performance.
		Caractériser les marges de stabilité par l'étude de la réponse fréquentielle de la fonction de transfert en boucle ouverte en utilisant l'abaque de Black.	Si l'abaque de Black n'est plus utilisé dans l'industrie, il reste un bon outil pédagogique pour appréhender les notions de marges de gain et de phase. On pourra l'utiliser pour montrer l'influence des paramètres de réglage d'une boucle de régulation sur les critères de performance ou faire la correspondance entre les réponses obtenues dans les domaines temporel et fréquentiel. On ne fera pas l'étude du passage BO/BF à l'aide de l'abaque.
Limite de la stratégie monoboucle (ou boucle simple)	11%	Énoncer les limites de performance de la boucle simple.  Définir les stratégies complexes de régulation permettant de satisfaire un cahier des charges.  Mettre en œuvre des protocoles expérimentaux permettant de réaliser de telles stratégies.	Cascade (Sur grandeur réglante, sur grandeur intermédiaire)  Échelle partagée (grandeurs complémentaire et antagoniste)  CTM (Smith)  Mixte (Tendance)  Adaptatif (programmation d'un régulateur ou SNCC par « zones » : systèmes non linéaires dont on ne veut pas dégrader la loi de commande en modifiant la caractéristique du positionneur par exemple : multiples points de fonctionnement.)  Rapport et Proportion

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

			<p>Limitative (à lier avec la sécurité des systèmes)</p> <p>Définir leurs applications et limites. Il faut conserver une analyse qualitative et quantitative à partir des critères de performances. Une comparaison avec une régulation PID classique doit être privilégiée. Leur mise en œuvre en travaux pratiques sur des maquettes didactisées permet d'appréhender correctement leurs utilisations et leurs spécificités.</p>
Fonctions logiques	10%	Définir un automatisme en utilisant les fonctions logiques ET, OU, NON, les bascules RS et SR, les opérateurs à retard, les comparateurs, les compteurs.	On n'étudiera pas les circuits électronique ou pneumatique. Introduire les bascules sous forme de boîtes noires réalisant les fonctions set, reset et mémoire en insistant sur la différence entre un niveau logique et un front.
		Établir un chronogramme ou un logigramme à partir d'un cahier des charges.	L'étude des fonctions logiques doit permettre d'élaborer des stratégies liées au domaine des procédés CIRA, par exemple :
		Exploiter un chronogramme ou un logigramme pour décrire le fonctionnement d'un automatisme.	<p><u>Logique combinatoire</u> : régulation à 1 seuil, sécurité anti-débordement, commande locale-distante, ...</p> <p><u>Logique séquentielle</u> : régulation à 2 seuils, discordance, séquence d'alarme, programmation de GRAFCET sans langage SFC, ...</p> <p><u>Logique sur mot</u> : surveillance de seuil pour grandeurs analogiques, ...</p> <p><u>Compteurs</u> : comptage d'impulsions de débitmètre volumétriques, permutation de pompes, séquence d'alarme, programmation de GRAFCET sans langage SFC, ...</p>
		Mettre en œuvre des automatismes utilisant des fonctions logiques dans un API.	Langages LOG ou LD.
GRAFCET	10%	Établir un GRAFCET à partir d'un cahier des charges.	Présenter le GRAFCET comme un outil d'analyse, puis le lier au langage de programmation SFC.
		Exploiter un GRAFCET pour décrire le fonctionnement d'un automatisme.	Exploiter les règles d'élaboration, d'évolution et d'écriture d'un GRAFCET dans le respect des normes en vigueur. Sélection de séquence, séquences simultanées, sous-séquences, forçage.

Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

			Principes de coordination entre plusieurs graphes.
		Implanter un GRAFCET dans un API ou un SNCC.	API ou SNCC disposant du langage SFC ou pas.
Organigrammes	3%	Établir un organigramme à partir d'un cahier des charges.	Lier la mise en œuvre d'un organigramme dans un API au déroulement d'un cycle (lecture des entrées, Mémoire Image des Entrées, exécution du programme, Mémoire Image des Sorties, écriture des sorties).
		Exploiter un organigramme pour décrire le fonctionnement d'un automatisme.	
		Mettre en œuvre un organigramme dans un API ou un SNCC.	Exploiter les règles d'élaboration d'un organigramme pour la mise en œuvre dans un A.P.I. ou SNCC (programmation en ST).
Numération	1%	Exploiter le codage binaire, décimal et hexadécimal afin de réaliser des opérations de conversion et de traitement.	Binaire naturel non signé et signé. Transcoder (décimal - binaire naturel non signé - hexadécimal). Définir les formats utilisés dans un API et SNCC. Mettre en lien les codages avec le CAN des modules d'entrées analogiques et le cours Réseau (utilisation table ASCII, masque de sous réseau, adresse IP, ...).
Communication et réseaux de terrain	3%	Définir la liaison série asynchrone.	Distinguer les liaisons RS232, RS485. Lien avec les parties concernant l'étude des signaux en Physique-Chimie.
		Décrire une architecture réseau de communication et les protocoles utilisés.	Décrire les différentes topologies réseau, les différentes méthodes d'accès et les différents supports. On étudiera particulièrement le réseau Ethernet TCP/IP. On présentera la construction de trames pour un exemple de protocole (Modbus, ...).
		Mettre en œuvre un réseau industriel entre deux API ou entre API et régulateur.	Relier deux appareils par une liaison point à point ou multipoint et tester cette liaison.
Interface Homme Machine	3%	Identifier les grandeurs nécessaires à l'animation de vues de supervision.	
		Mettre en œuvre des liens dynamiques entre un synoptique et un SNCC ou A.P.I.	Cette partie est à lier à la liste instruments qui permet de vérifier le rôle de chacun des points (de mesure et d'action).

## Commentaires sur les savoirs associés S5, contrôle industriel et régulation automatique (CIRA)

		Mettre en œuvre des liens dynamiques entre un pupitre opérateur et un A.P.I.	
		Mettre en œuvre la gestion de données et la traçabilité de grandeur.	La gestion d'alarme étant un bon exemple de mise en œuvre. On pourra ouvrir à la création de rapports.