

**MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE  
DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE**

**DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**BREVET DE TECHNICIEN  
SUPERIEUR**

**CONTROLE INDUSTRIEL ET REGULATION AUTOMATIQUE**

**1999**

**Sous-direction de la vie étudiante et des formations post-baccalauréat**

## SOMMAIRE

- Arrêté portant définition et fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique.

### **Annexe I**

référentiel des activités professionnelles

p 2

référentiel de certification

p 29

*capacités et compétences*

p 32

*savoirs associés*

p 35

*unités constitutives*

p 138

### **Annexe II**

stage en milieu professionnel

p 147

### **Annexe III**

horaire

p 158

### **Annexe IV**

règlement d'examen

p 160

### **Annexe V**

définition des épreuves ponctuelles

et des situations d'évaluation en cours de

formation

p 162

### **Annexe VI**

tableau de correspondance d'épreuves/unités

p 179

### **Glossaire**

p 181 - 182

**MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE,  
DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE**

\*\*\*\*

*DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR*

**Arrêté portant définition et fixant les  
conditions de délivrance du brevet de  
technicien supérieur contrôle industriel  
et régulation automatique**

**LE MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE  
DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE**

VU le décret n ° 95-665 du 9 mai 1995 modifié portant règlement général du brevet de technicien supérieur ;

VU l'arrêté du 9 mai 1995 fixant les conditions d'habilitation à mettre en oeuvre le contrôle en cours de formation en vue de la délivrance du baccalauréat professionnel, du brevet professionnel, et du brevet de technicien supérieur ;

VU l'arrêté du 9 mai 1995 relatif au positionnement en vue de la préparation du baccalauréat professionnel, du brevet professionnel et du brevet de technicien supérieur ;

VU l'avis de la commission professionnelle consultative «chimie» du 3 décembre 1998 ;

VU l'avis du conseil supérieur de l'éducation en date du 1<sup>er</sup> juillet 1999 ;

VU l'avis du conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche en date du 5 juillet 1999.

ARRETE

ARTICLE 1er. - La définition et les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique sont fixées conformément aux dispositions du présent arrêté.

ARTICLE 2. - Les unités constitutives du référentiel de certification du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique sont définies en annexe I au présent arrêté.

ARTICLE 3. - La formation sanctionnée par le brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique comporte des stages en milieu professionnel dont les finalités et la durée exigée pour se présenter à l'examen sont précisées en annexe II au présent arrêté.

ARTICLE 4. - En formation initiale sous statut scolaire, les enseignements permettant d'atteindre les compétences requises du technicien supérieur sont dispensés conformément à l'horaire hebdomadaire figurant en annexe III au présent arrêté.

ARTICLE 5. - Le règlement d'examen est fixé en annexe IV au présent arrêté. La définition des épreuves ponctuelles et des situations d'évaluation en cours de formation est fixée en annexe V au présent arrêté.

ARTICLE 6. - Pour chaque session d'examen, la date de clôture des registres d'inscription et la date de début des épreuves pratiques ou écrites sont arrêtées par le ministre chargé de l'éducation nationale.

La liste des pièces à fournir lors de l'inscription à l'examen est fixée par le recteur.

ARTICLE 7. - Chaque candidat s'inscrit à l'examen dans sa forme globale ou dans sa forme progressive conformément aux dispositions des articles 16, 23, 24 et 25 du décret du 9 mai 1995 susvisé.

Il précise également s'il souhaite subir l'épreuve facultative.

Dans le cas de la forme progressive, le candidat précise les épreuves ou unités qu'il souhaite subir à la session pour laquelle il s'inscrit.

Le brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique est délivré aux candidats ayant passé avec succès l'examen défini par le présent arrêté conformément aux dispositions du titre III du décret du 9 mai 1995 susvisé.

ARTICLE 8. - Les correspondances entre les épreuves de l'examen organisées conformément à l'arrêté du 17 juillet 1986 portant modification des conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique et les épreuves de l'examen organisées conformément à l'arrêté du 3 septembre 1997 portant définition et fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique et les épreuves de l'examen organisées conformément au présent arrêté sont précisées en annexe VI au présent arrêté.

La durée de validité des notes égales ou supérieures à 10 sur 20 obtenues aux épreuves de l'examen subi selon les dispositions des arrêtés précités et dont le candidat demande le bénéfice dans les conditions prévues à l'alinéa précédent, est reportée dans le cadre de l'examen organisé selon les dispositions du présent arrêté conformément à l'article 17 du décret du 9 mai 1995 susvisé et à compter de la date d'obtention de ce résultat.

ARTICLE 9. - La première session du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique organisée conformément au présent arrêté aura lieu en 2001.

La dernière session du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique organisée conformément aux dispositions de l'arrêté du 3 septembre 1997 portant définition et fixant les conditions de délivrance du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique aura lieu en 2000. A l'issue de cette session, l'arrêté du 3 septembre 1997 précité est abrogé.

ARTICLE 10. - La directrice de l'enseignement supérieur et les recteurs sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris le 08 SEP. 1999

Pour le Ministre et par délégation,  
Le sous-directeur chargé du service  
des contrats et des formations

Jean-Pierre Korolitski

N.B. Le présent arrêté et ses annexes III, IV et VI seront publiés au Bulletin officiel de l'éducation nationale du 14 OCT. 1999 disponible au centre national de documentation pédagogique 13, rue du Four 75 006 Paris, ainsi que dans les centres régionaux et départementaux de documentation pédagogique.

L'arrêté et l'ensemble de ses annexes seront diffusés par les centres précités.

## **ANNEXE I**

**REFERENTIEL  
DES ACTIVITES PROFESSIONNELLES**

# **BTS CIRA**

## **Référentiel d'Activités Professionnelles**

Le technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique est un spécialiste des systèmes automatisés de production mis en oeuvre dans les différentes industries. Il possède une formation technique, scientifique et humaine qui lui permet, dans le respect des codes, normes et règlements, de :

- participer à la conception, l'installation, la mise en service, la maintenance et à l'évolution des systèmes automatisés de production. Dans ce cadre, il est amené à proposer des solutions techniques relatives à ces systèmes, parmi lesquelles il doit faire un choix ;
- communiquer avec les représentants de l'ensemble des services et entreprises intervenant sur le site et notamment les spécialistes du processus de fabrication ;
- participer à l'organisation et à l'animation d'une équipe ;
- contribuer à la démarche "Qualité" de l'entreprise ;
- maîtriser et prévenir les différents risques liés à son activité.

Après expérience, et/ou une formation complémentaire, le titulaire du brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique peut évoluer dans d'autres fonctions, telles que la supervision du fonctionnement d'un process, le technico-commercial...

### **LES GRANDES FONCTIONS**

- 1. Conception**
- 2. Installation et mise en service**
- 3. Contribution a l'amélioration des conditions d'exploitation du procédé**
- 4. Maintenance**
- 5. Communication, information**
- 6. Contribution à la prévention des risques professionnels et à la protection de l'environnement**



## FONCTION 1 : CONCEPTION

*Le degré de responsabilité et d'autonomie du technicien supérieur CIRA peut varier en fonction de la complexité de l'installation, de la taille de l'entreprise et de l'organisation du travail ; il peut **participer** à la conception de tout ou partie d'ensembles automatisés industriels.*

### ACTIVITE 1 :

Participe à l'établissement d'un cahier des charges, à partir des besoins du client et/ou de l'utilisateur.

- Analyse les procédés pour en comprendre le fonctionnement global et identifie les principes physico-chimiques mis en oeuvre.
- Prend en compte les besoins du client et les contraintes associées (coût, sécurité, qualité, environnement...).
- Recherche les grandeurs caractéristiques et leurs interactions.
- Recherche les informations complémentaires (différents partenaires, documentation...).
- Respecte les normes et standards spécifiques.

### ACTIVITE 2 :

Participe aux analyses fonctionnelles et établit les schémas des boucles de régulation et d'automatismes, les listes instruments, à partir d'un cahier des charges et des documents associés (P.C.F....).

- Estime les besoins (matériel, liaisons, borniers...), en tenant compte des contraintes spécifiques (implantation cellules d'analyse...).

### ACTIVITE 3 :

Etablit les spécifications des matériels et des logiciels, à partir des fonctionnalités à assurer, des données du processus et des contraintes de l'environnement.

Propose le matériel adapté en tenant compte des considérations économiques.

- Définit les spécifications du matériel.
- Elabore le dossier d'appel d'offres (matériel, montage...).
- Vérifie la conformité des offres.
- Traite et analyse comparativement les offres.
- Choisit et commande.

### ACTIVITE 4 :

Etudie l'implantation du matériel dans l'installation industrielle à partir des différents schémas et des standards spécifiques.

Etablit les schémas de montage en concertation avec les autres corps de métier, en prenant en compte les notions de prévention des risques lors de l'utilisation et des opérations de maintenance ultérieure.

### ACTIVITE 5 :

Configure les systèmes (automates programmables industriels, systèmes numériques de contrôle commande).

- Configure les automates programmables (A.P.I.)
- Configure les systèmes numériques de contrôle-commande (S.N.C.C.)
- Configure le superviseur.
- Vérifie l'ensemble de la configuration.
- Elabore la documentation.

FONCTION N° 1	CONCEPTION
<b>ACTIVITE : 1</b>	<p>Participe à l'établissement d'un cahier des charges, à partir des besoins du client et/ou de l'utilisateur.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Analyse les procédés pour en comprendre le fonctionnement global et identifie les principes physico-chimiques mis en oeuvre.</li> <li>❷ Prend en compte les besoins du client et les contraintes associées (coût, sécurité, qualité, environnement...).</li> <li>❸ Recherche les grandeurs caractéristiques et leurs interactions.</li> <li>❹ Recherche les informations complémentaires (différents partenaires, documentation...).</li> <li>❺ Respecte les normes et standards spécifiques.</li> </ol>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modes opératoires et documents périphériques.</li> <li>- Liste des personnes impliquées dans le projet.</li> <li>- Réunions de coordination.</li> <li>- Normes, standards.</li> </ul>
<b>Résultats attendus :</b>	Projet de cahier des charges argumenté à faire valider par sa hiérarchie et par le client.

FONCTION N° 1	CONCEPTION
<b>ACTIVITE : 2</b>	<p>Participe aux analyses fonctionnelles et établit les schémas des boucles de régulation et d'automatismes, les listes instruments, à partir d'un cahier des charges et des documents associés (P.C.F....).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Estime les besoins (matériel, liaisons, borniers...), en tenant compte des contraintes spécifiques (implantation cellules d'analyse...).</li> </ol>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cahier des charges.</li> <li>- <b>Plan de Circulation des Fluides.</b></li> <li>- Documentation constructeurs.</li> <li>- Relations avec constructeurs pour études spécifiques éventuelles.</li> </ul>
<b>Résultats attendus :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schéma <b>T.I.</b>(Tuyauterie et instrumentation) et schémas d'automatismes.</li> <li>- Liste des matériels.</li> </ul>

FONCTION N° 1	CONCEPTION
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><b>ACTIVITE : 3</b></div>	<p>Etablit les spécifications des matériels et des logiciels, à partir des fonctionnalités à assurer, des données du processus et des contraintes de l'environnement.</p> <p>Propose le matériel adapté en tenant compte des considérations économiques.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Définit les spécifications du matériel.</li> <li>❷ Elabore le dossier d'appel d'offres (matériel, montage...).</li> <li>❸ Vérifie la conformité des offres.</li> <li>❹ Traite et analyse comparativement les offres.</li> <li>❺ Choisit et commande.</li> </ol>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cahier des charges.</li> <li>- <b>Plan de Circulation des Fluides</b> et schémas T.I.</li> <li>- Description détaillée des conditions de fonctionnement de l'installation.</li> <li>- Standards.</li> <li>- Connaissance de l'organisation du travail sur le site et de la qualification des utilisateurs.</li> <li>- Documentation et contacts avec les constructeurs.</li> <li>- Réunions techniques complémentaires et visites du site.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Complète.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Documents permettant d'établir les bons de commande.</li> <li>- Ces documents comprennent : <ul style="list-style-type: none"> <li>* les spécifications détaillées des matériels et des logiciels,</li> <li>* les tableaux comparatifs (présentation de scénarios, préconisations, argumentaire chiffré),</li> <li>* les conditions d'approvisionnement.</li> </ul> </li> </ul>

FONCTION N° 1	CONCEPTION
<b>ACTIVITE : 4</b>	<p>Etudie l'implantation du matériel dans l'installation industrielle à partir des différents schémas et des standards spécifiques.</p> <p>Etablit les schémas de montage en concertation avec les autres corps de métier, en prenant en compte les notions de prévention des risques lors de l'utilisation et des opérations de maintenance ultérieure.</p>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Standards de montage.</li> <li>- Spécifications du matériel.</li> <li>- Plans et/ou maquettes (bureau d'étude) de l'installation (tuyauterie, accessibilité...).</li> <li>- Visites sur site et réunions techniques.</li> <li>- Connaissance des conditions de mise en oeuvre ultérieure du programme de maintenance.</li> <li>- Connaissance des contraintes spécifiques de sécurité.</li> </ul>
<b>Résultats attendus :</b>	<p>Schémas de montage et de raccordement des appareils selon les normes et standards spécifiques en intégrant les besoins et contraintes des services de conduite et de maintenance.</p>

FONCTION N° 1	CONCEPTION
<b>ACTIVITE : 5</b>	<p>Configure les systèmes (<b>A</b>utomates <b>P</b>rogrammables <b>I</b>ndustriels, <b>S</b>ystèmes <b>N</b>umériques de <b>C</b>ontrôle <b>C</b>ommande).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Configure les automates programmables (A.P.I.)</li> <li>❷ Configure les systèmes de contrôle-commande (S.N.C.C.)</li> <li>❸ Configure le superviseur.</li> <li>❹ Vérifie l'ensemble de la configuration.</li> <li>❺ Elabore la documentation.</li> </ol>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Notices constructeurs.</li> <li>- Stages complémentaires organisés par les constructeurs sur les matériels.</li> <li>- Cahier des charges.</li> <li>- Schémas de configuration et/ou de programmation.</li> <li>- Systèmes à mettre en oeuvre.</li> <li>- Outil spécifique de programmation ou méthodologie.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Complète.</p>
<b>Résultats attendus :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Configuration des Automates Programmables Industriels et Systèmes Numériques de Contrôle-Commande, en utilisant au mieux l'outil informatique mis à sa disposition.</li> <li>- Elaboration, à l'intention des utilisateurs et des services de maintenance, d'une documentation adaptée.</li> </ul>

## FONCTION 2 : INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

*Cette fonction suppose des collaborations et échanges d'informations avec le personnel des entreprises ou services intervenant au cours de ces différentes phases. Le technicien supérieur doit également connaître et respecter les domaines de responsabilité et d'intervention de chacun. Il contrôle le travail effectué à chaque étape de son activité.*

### ACTIVITE 1 :

Assure la réception technique et le contrôle de la conformité du matériel par rapport au cahier des charges.

- Suit les commandes.
- Réceptionne et vérifie la conformité du matériel et des logiciels.

### ACTIVITE 2 :

Contrôle le montage du matériel et des raccordements, notamment la conformité au schéma de montage.

Met à jour les schémas, les plans.

### ACTIVITE 3 :

Vérifie et/ou réalise les réglages "usine", les pré-réglages et la configuration sur le matériel concerné.

- Vérifie la conformité (échelles...).
- Rédige les fiches d'essais et met à jour la documentation.

### ACTIVITE 4 :

Participe aux essais préalables.

Vérifie le fonctionnement en statique de la totalité de la boucle de régulation et de ses périphériques, des alarmes et des sécurités.

- Etablit et met en oeuvre le protocole d'essais.
- Vérifie et règle sur site l'ensemble des chaînes, leur continuité (régulation, séquences, sécurité...).
- Met à jour les fiches d'essais.

### ACTIVITE 5 :

Participe à la mise en service, en collaboration étroite avec les responsables de l'exploitation.

Réalise les ajustements nécessaires pour assurer la performance requise par le procédé.

- Etablit et/ou vérifie, en relation avec le client, le protocole de démarrage.
- Participe au démarrage de l'installation.
- Optimise les réglages et les procédures.
- Met à jour le protocole de démarrage.

FONCTION N° 2	INSTALLATION ET MISE EN SERVICE
<b>ACTIVITE : 1</b>	<p>Assure la réception technique et le contrôle de la conformité du matériel par rapport au cahier des charges.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Suit les commandes.</li> <li>❷ Réceptionne et vérifie la conformité du matériel et des logiciels.</li> </ul>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cahier des charges.</li> <li>- Spécifications.</li> <li>- Notices constructeurs.</li> <li>- Dossier de commande.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Complète.</p>
<b>Résultats attendus :</b>	<p>Délivre un certificat de réception.</p>

FONCTION N° 2	INSTALLATION ET MISE EN SERVICE
<b>ACTIVITE : 2</b>	<p>Contrôle le montage du matériel et les raccordements, notamment la conformité au schéma de montage. Met à jour les schémas, les plans.</p>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de circulation des fluides.</li> <li>- Spécifications, normes et schémas de montage et de raccordements.</li> <li>- Schémas de localisation du matériel.</li> <li>- Liste des instruments.</li> <li>- Conditions de sécurité sur le site.</li> </ul>
<b>Résultats attendus :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du montage et des raccordements.</li> <li>- Mise à jour des plans.</li> </ul>

FONCTION N° 2	INSTALLATION ET MISE EN SERVICE
<b>ACTIVITE : 3</b>	Vérifie et/ou réalise les réglages "usine", les préreglages et la configuration sur le matériel concerné. <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Vérifie la conformité (échelles...).</li> <li>❷ Rédige les fiches d'essais et met à jour la documentation.</li> </ol>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spécifications techniques.</li> <li>- Documentation technique.</li> <li>- Matériels mis en oeuvre.</li> <li>- Protocoles de contrôle.</li> </ul> <b>Autonomie :</b> Complète.
<b>Résultats attendus :</b>	Etablit et signe une fiche d'étalonnage.

FONCTION N° 2	INSTALLATION ET MISE EN SERVICE
<b>ACTIVITE : 4</b>	Participe aux essais préalables. Vérifie le fonctionnement en statique de la totalité de la boucle de régulation et de ses périphériques, des alarmes et des sécurités. <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Etablit et met en oeuvre le protocole d'essais.</li> <li>❷ Vérifie et règle sur site l'ensemble des chaînes, leur continuité (régulation, séquences, sécurité...).</li> <li>❸ Met à jour les fiches d'essais.</li> </ol>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schéma de localisation du matériel.</li> <li>- Spécifications (avec données sur le procédé).</li> <li>- Schéma T.I.</li> <li>- Schéma de boucles.</li> <li>- Schémas de raccordement (boîtes de jonction, borniers...).</li> <li>- Liste instruments.</li> <li>- Liste des critères ou paramètres de fonctionnement.</li> <li>- Matériel de mesure et de simulation.</li> <li>- Schémas de configuration (régulation - automatismes).</li> </ul> <b>Autonomie :</b> Complète.
<b>Résultats attendus :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification et réglages sur site de l'ensemble des chaînes, de leur continuité (régulation, séquences, sécurité).</li> <li>- Compte-rendu d'essais.</li> <li>- Réception.</li> </ul>

FONCTION N° 2	INSTALLATION ET MISE EN SERVICE
<p><b>ACTIVITE : 5</b></p>	<p>Participe à la mise en service, en collaboration étroite avec les responsables de l'exploitation. Réalise les ajustements nécessaires pour assurer la performance requise par le procédé.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Etablit et/ou vérifie, en relation avec le client, le protocole de démarrage.</li> <li>❷ Participe au démarrage de l'installation.</li> <li>❸ Optimise les réglages et les procédures.</li> <li>❹ Met à jour le protocole de démarrage.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentation (protocole de démarrage, schémas...).</li> <li>- Documents de configuration et/ou de programmation.</li> <li>- Réunions de coordination avec les autres spécialistes.</li> </ul>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Démarrage satisfaisant.</li> <li>- Réglages optimisés.</li> <li>- Mise à jour des différents documents.</li> </ul>



## **FONCTION 3 : CONTRIBUTION A L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION DU PROCÉDE**

Le technicien supérieur CIRA peut être amené à proposer de modifier un système existant afin :

- d'améliorer la fiabilité et la disponibilité du matériel, la sécurité des personnes et des installations, les conditions de travail ;
- d'optimiser (en termes de qualité et de coûts) la maintenance des systèmes automatisés de production.

Dans ce cadre :

### **ACTIVITE 1 :**

Participe à l'analyse des besoins.

- Analyse le procédé de fabrication pour en comprendre le fonctionnement.
- Analyse la partie contrôle - commande existante pour en saisir le fonctionnement.
- Connaît le fonctionnement des différents éléments (capteurs...).
- Se tient informé ou observe les dysfonctionnements éventuels (analyse statistique...).

### **ACTIVITE 2 :**

Met en oeuvre les propositions d'amélioration et assure leur suivi, de la conception à la réalisation.

- Réalise le cahier des charges de la modification.
- Etablit les devis, contacts fournisseurs, choisit le matériel.
- Elabore les dossiers de modifications.
- Réalise et suit la modification.

### **ACTIVITE 3 :**

Contribue à la capitalisation du retour d'expérience issu du suivi des matériels et logiciels et de leurs évolutions (bonnes pratiques et enrichissement des connaissances en vue d'améliorer l'exercice du métier).

Etablit une synthèse et en communique les résultats pour exploitation.

- Met en place les procédures d'évaluation des modifications apportées.
- Forme et/ou informe les personnels concernés.
- Met à jour la documentation technique.
- Communique les résultats.

FONCTION N° 3	CONTRIBUTION A L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION DU PROCÉDÉ
	Participe à l'analyse des besoins. <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Analyse le procédé de fabrication pour en comprendre le fonctionnement.</li> <li>❷ Analyse la partie contrôle - commande existante pour en saisir le fonctionnement.</li> <li>❸ Connaît le fonctionnement des différents éléments (capteurs...).</li> <li>❹ Se tient informé ou observe les dysfonctionnements éventuels (analyse statistique...).</li> </ol>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse ou expression d'un besoin d'amélioration.</li> <li>- Schéma du procédé.</li> <li>- Schéma du système de contrôle-commande.</li> <li>- Caractéristiques techniques des appareils.</li> <li>- Phases sensibles de la production.</li> </ul>
<b>Résultats attendus :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discerner les parties pouvant être améliorées en terme de fonctionnement et de conduite.</li> <li>- Proposer, sous forme d'un dossier argumenté, des modifications matérielles et logicielles.</li> </ul>

FONCTION N° 3	CONTRIBUTION A L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION DU PROCÉDÉ
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><b>ACTIVITE : 2</b></div>	Met en oeuvre les propositions d'amélioration et assure leur suivi, de la conception à la réalisation. <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Réalise le cahier des charges de la modification.</li> <li>❷ Etablit les devis, contacts fournisseurs, choisit le matériel.</li> <li>❸ Elabore les dossiers de modifications.</li> <li>❹ Réalise et suit la modification.</li> </ol>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <p>Pour l'installation existante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documents d'exploitation de l'installation.</li> <li>- Schéma du procédé.</li> <li>- Schéma du système de contrôle-commande.</li> <li>- Caractéristiques techniques des appareils.</li> <li>- Schéma de localisation.</li> <li>- Schéma de câblage.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b> Complète.</p>
<b>Résultats attendus :</b>	Amélioration du fonctionnement du procédé par des solutions techniques appropriées.

FONCTION N° 3	CONTRIBUTION A L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION DU PROCÉDÉ
<p><b>ACTIVITE : 3</b></p>	<p>Contribue à la capitalisation du retour d'expérience issu du suivi des matériels et logiciels et de leurs évolutions (bonnes pratiques et enrichissement des connaissances en vue d'améliorer l'exercice du métier). Etablit une synthèse et en communique les résultats pour exploitation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Met en place les procédures d'évaluation des modifications apportées.</li> <li>❷ Forme et/ou informe les personnels concernés.</li> <li>❸ Met à jour la documentation technique.</li> <li>❹ Communique les résultats.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Historique des mesures.</li> <li>- Protocole de contrôle (paramètres à surveiller).</li> <li>- Matériel didactique.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Complète.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration du fonctionnement et de la conduite.</li> <li>- Transmission d'informations sur l'évolution technique de l'ensemble (système de contrôle - commande et procédé).</li> </ul>

## FONCTION 4 : MAINTENANCE

*Le dialogue avec l'exploitant et, plus largement, la transmission d'informations sont très importants dans la fonction maintenance.*

Selon la taille de l'entreprise et le type d'organisation du travail, le technicien supérieur CIRA peut participer à l'élaboration ou préparer le programme de maintenance du matériel et des logiciels :

### ACTIVITE 1 :

Analyse les dysfonctionnements avérés ou potentiels en étroite collaboration avec l'exploitant. Etablit le diagnostic dans son champ de compétences.

- Recense les informations émanant de l'exploitant.
- Interprète ces informations.
- Pose le diagnostic.

### ACTIVITE 2 :

Prépare les travaux et élabore les procédures d'intervention, y compris la préparation des arrêts. Réalise, pour ce qui le concerne, l'analyse des risques liés à l'intervention.

- Choisit le principe de maintenance.
- Prépare les travaux.
- Prépare les arrêts.
- Elabore les procédures.
- Analyse les risques liés à l'intervention.

### ACTIVITE 3 :

Réalise les interventions de maintenance.

- Identifie les travaux.
- Identifie les moyens matériels et humains nécessaires.
- Réalise ou fait réaliser l'intervention.
- Vérifie la bonne réalisation de l'intervention.

### ACTIVITE 4 :

Capitalise les retours d'expérience.

Contribue à la constitution d'historiques (rapports de maintenance).

- Collecte toutes les données formalisées.
- Procède à une synthèse comparative avec l'état initial ou le résultat de la maintenance précédente.
- Enregistre les points importants de l'opération effectuée, en tire les conclusions et formule des propositions.

---

Distinguer **programme d'entretien** et **programme de maintenance** : le second suppose une vision à but d'optimisation et pourrait être qualifié de traduction opérationnelle de la politique de maintenance de l'entreprise :

- préparation d'interventions lourdes,
- remise en état (ultérieure),
- envoi en réparation (envoi, réception, contrôle),
- réunions (constructeurs, experts),
- suivi d'entreprises intervenantes, participation au programme de qualification les concernant.

FONCTION N° 4	MAINTENANCE
<p><b>ACTIVITE : 1</b></p>	<p>Analyse les dysfonctionnements avérés ou potentiels en étroite collaboration avec l'exploitant. Etablit le diagnostic dans son champ de compétences.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Recense les informations émanant de l'exploitant.</li> <li>❷ Interprète ces informations.</li> <li>❸ Pose le diagnostic.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dialogue avec l'exploitant.</li> <li>- Documents de suivi de l'exploitation.</li> <li>- Instruments de contrôle.</li> <li>- Schémas et documentations concernant les installations.</li> <li>- Paramètres de référence.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Complète sous l'autorité de la hiérarchie et en relation avec l'exploitant.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<p>Diagnostic précis et formalisé permettant d'élaborer des solutions.</p>

FONCTION N° 4	MAINTENANCE
<p><b>ACTIVITE : 2</b></p>	<p>Prépare les travaux et élabore les procédures d'intervention, y compris la préparation des arrêts. Réalise, pour ce qui le concerne, l'analyse des risques liés à l'intervention.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Choisit le principe de maintenance.</li> <li>❷ Prépare les travaux.</li> <li>❸ Prépare les arrêts.</li> <li>❹ Elabore les procédures.</li> <li>❺ Analyse les risques liés à l'intervention.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Politique de maintenance de l'entreprise.</li> <li>- Recommandations des fournisseurs.</li> <li>- Calendrier des arrêts programmés.</li> <li>- Consignes spécifiques à l'entreprise.</li> <li>- Documents normatifs et réglementaires.</li> <li>- Rapport des maintenances précédentes.</li> <li>- Documents de prévention.</li> <li>- Procédures existantes.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>En collaboration avec les autres intervenants.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<p>Elaboration d'un plan d'intervention organisé, incluant les temps d'intervention prévus.</p>

FONCTION N° 4	MAINTENANCE
<p><b>ACTIVITE : 3</b></p>	<p>Réalise les interventions de maintenance.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Identifie les travaux.</li> <li>❷ Identifie les moyens matériels et humains nécessaires.</li> <li>❸ Réalise ou fait réaliser l'intervention.</li> <li>❹ Vérifie la bonne réalisation de l'intervention.</li> </ol>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan d'intervention.</li> <li>- Equipes d'intervention.</li> <li>- Disponibilité des installations.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>En collaboration avec l'ensemble des équipes intervenantes.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalisation de l'intervention dans le respect du plan prévu.</li> <li>- Restitution, à l'exploitant, d'une installation pouvant assurer le service attendu.</li> </ul>

FONCTION N° 4	MAINTENANCE
<p><b>ACTIVITE : 4</b></p>	<p>Capitalise les retours d'expérience. Contribue à la constitution d'historiques (rapports de maintenance).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Collecte toutes les données formalisées.</li> <li>❷ Procède à une synthèse comparative avec l'état initial ou le résultat de la maintenance précédente.</li> <li>❸ Enregistre les points importants de l'opération effectuée, en tire les conclusions et formule des propositions.</li> </ol>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Données formalisées d'origine.</li> <li>- Fiches de suivi du matériel et des interventions.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Complète.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<p>Rapport de maintenance précis, complet et exploitable.</p>

## FONCTION 5 : COMMUNICATION, INFORMATION

### ACTIVITE 1 :

#### **S'informer.**

Recherche activement les informations pertinentes auprès des personnes compétentes et dans les documents ou bases de données dont il dispose.

- Prend connaissance de l'organigramme général de l'établissement et identifie les interlocuteurs clés.
- Se situe et s'intègre dans cette organisation en fonction de sa mission et du rôle qui lui a été imparti.
- Dialogue en permanence avec les personnes qui interviennent sur l'installation pour recueillir les informations nécessaires. - - Consulte les dossiers techniques, documents, bases de données dont il dispose.
- Reformule les demandes pour s'assurer que son interlocuteur et lui sont d'accord.
- Situe son entreprise dans son environnement industriel et économique.

### ACTIVITE 2 :

#### **Rendre compte, informer.**

Sait rendre compte par tous moyens, y compris en utilisant les nouveaux outils de communication, de ses observations et interventions.

- Informe, en temps réel, du degré d'avancement du projet et d'éventuels événements inattendus.
- Fait appel aux interlocuteurs clés du chantier et à sa hiérarchie en cas d'événement imprévu.
- Informe, de manière argumentée, des décisions qu'il a prises, verbalement et par écrit.
- Veille à ce que tous les services concernés par une modification d'installation en soient informés (Bureau d'études, Exploitation, Maintenance...).
- Actualise les dossiers techniques des installations et les systèmes de capitalisation des retours d'expérience.
- Prépare et anime des réunions de travail.

### ACTIVITE 3 :

#### **Expliquer, exposer.**

Contribue à former les personnels à l'utilisation des matériels et des logiciels.

- Explique aux exploitants les fonctionnalités nouvelles des équipements (rôle de tel ou tel organe, maniement, informations traitées et transmises par le système...) en veillant à ce que les différentes équipes alternantes reçoivent une information identique, qualitativement et quantitativement.
- Aide les exploitants à s'approprier les équipements en s'attachant à les rassurer et les prépare à adopter les nouvelles méthodes de travail imposées par les transformations.
- Rédige les consignes d'utilisation (mise en route, mise à l'arrêt...) liées aux interventions spécifiques des exploitants.
- S'assure de la compréhension des consignes qu'il a transmises.
- Prépare un exposé ou une démonstration à partir de documents techniques.
- Réalise son exposé en utilisant un langage adapté à son auditoire.

### ACTIVITE 4 :

#### **Se perfectionner.**

Recherche en permanence les informations lui permettant d'actualiser et d'enrichir ses connaissances.

- Lit régulièrement des revues et ouvrages techniques concernant sa spécialité.
- Participe à des séminaires, réunions d'information et salons professionnels.
- Consulte les bases de données relatives à sa spécialité.

### ACTIVITE 5 :

#### **Manier l'anglais avec aisance.**

Communique avec aisance en français et en anglais, oralement et par écrit, dans le cadre de son activité professionnelle.

- Est en mesure de tenir une conversation courante en anglais avec un client ou un fournisseur.
- Lit et comprend des documents techniques rédigés en anglais.
- Lit la presse professionnelle d'origine anglo-saxonne.

FONCTION N° 5	COMMUNICATION, INFORMATION
<p><b>ACTIVITE : 1</b></p>	<p><b>S'informer.</b> Recherche activement les informations pertinentes auprès des personnes compétentes et dans les documents ou bases de données dont il dispose.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Prend connaissance de l'organigramme général de l'établissement, des rôles et fonctions des différents services et identifie les interlocuteurs clés.</li> <li>❷ Se situe et s'intègre dans cette organisation en fonction de sa mission et du rôle qui lui a été imparti.</li> <li>❸ Dialogue en permanence avec les personnes qui interviennent sur l'installation pour recueillir les informations nécessaires.</li> <li>❹ Consulte les dossiers techniques, documents, bases de données dont il dispose.</li> <li>❺ Reformule les demandes pour s'assurer que son interlocuteur et lui sont d'accord.</li> <li>❻ Situe son entreprise dans son environnement industriel et économique.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition claire de sa mission : attentes du client et/ou directives de son employeur.</li> <li>- Organigramme formel et informel de l'établissement : <ul style="list-style-type: none"> <li>* fonction et organisation des différents services,</li> <li>* nom, fonction et étendue des responsabilités de ses interlocuteurs dans ces services.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtenir l'information nécessaire pour intervenir avec efficience.</li> <li>- Transmettre aux interlocuteurs adéquats une information pertinente tant sur le fond que sur la forme.</li> </ul>



FONCTION N° 5	COMMUNICATION, INFORMATION
<p><b>ACTIVITE : 2</b></p>	<p><b>Rendre compte, informer.</b> Sait rendre compte par tous moyens, y compris en utilisant les nouveaux outils de communication, de ses observations et interventions.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Informe, en temps réel, du degré d'avancement du projet et d'éventuels événements inattendus.</li> <li>❷ Fait appel aux interlocuteurs clés du chantier et à sa hiérarchie en cas d'événement imprévu.</li> <li>❸ Informe des décisions qu'il a prises, verbalement et par écrit.</li> <li>❹ Veille à ce que tous les services concernés par une modification d'installation en soient informés (Bureau d'études, Exploitation, Maintenance...).</li> <li>❺ Actualise les dossiers techniques des installations et les systèmes de capitalisation des retours d'expérience.</li> <li>❻ Prépare et anime des réunions de travail.</li> </ol>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaissance des circuits de transmission de l'information dans l'établissement.</li> <li>- Accès aux historiques, bases de données, documents techniques, schémas... concernant les installations sur lesquelles il intervient.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Totale</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les informations pertinentes sont disponibles au moment où elles sont nécessaires.</li> <li>- Le langage utilisé est adapté aux interlocuteurs.</li> </ul>

FONCTION N° 5	COMMUNICATION, INFORMATION
<p><b>ACTIVITE : 3</b></p>	<p><b>Expliquer, exposer.</b>            Contribue à former les personnels à l'utilisation des matériels et des logiciels.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>❶ Explique aux exploitants les fonctionnalités nouvelles des équipements (rôle de tel ou tel organe, maniement, informations traitées et transmises par le système...) en veillant à ce que les différentes équipes alternantes reçoivent une information identique, qualitativement et quantitativement.</li> <li>❷ Aide les exploitants à s'approprier les équipements en s'attachant à les rassurer et les prépare à adopter les nouvelles méthodes de travail imposées par les transformations.</li> <li>❸ Rédige les consignes d'utilisation (mise en route, mise à l'arrêt...) liées aux interventions spécifiques des exploitants.</li> <li>❹ S'assure de la compréhension des consignes qu'il a transmises.</li> <li>❺ Prépare un exposé ou une démonstration à partir de documents techniques.</li> <li>❻ Réalise son exposé en utilisant un langage adapté à son auditoire.</li> </ol>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentation technique élaborée par les fournisseurs de matériels et de logiciels, services d'études de l'entreprise...</li> <li>- Méthodologie de conduite de réunions.</li> <li>- Matériel audiovisuel et didactique.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Doit collaborer avec le personnel d'exploitation et intervenir en accord avec la hiérarchie des services.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maîtrise des nouvelles installations par les exploitants.</li> <li>- Diffusion d'informations sur les évolutions techniques intéressant l'entreprise.</li> </ul>

FONCTION N° 5	COMMUNICATION, INFORMATION
<p><b>ACTIVITE : 4</b></p>	<p><b>Se perfectionner.</b> Recherche en permanence les informations lui permettant d'actualiser et d'enrichir ses connaissances.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Lit régulièrement des revues et ouvrages techniques concernant sa spécialité.</li> <li>❷ Participe à des séminaires, réunions d'information et salons professionnels.</li> <li>❸ Consulte les bases de données relatives à sa spécialité.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <p>Les sources d'information sont diverses et ouvertes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revues et ouvrages techniques.</li> <li>- Centres de documentation.</li> <li>- Réseaux documentaires ou bases de données.</li> <li>- Colloques, séminaires, salons professionnels.</li> <li>- Associations et groupements professionnels.</li> <li>- Documentation élaborée par les fournisseurs.</li> <li>- Échanges avec les collègues.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Complète</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<p>Maintien de la compétence et du professionnalisme.</p>

FONCTION N° 5	COMMUNICATION, INFORMATION
<p><b>ACTIVITE : 5</b></p>	<p><b>Manier l'anglais avec aisance.</b> Communique avec aisance en français et en anglais, oralement et par écrit, dans le cadre de son activité professionnelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Est en mesure de tenir une conversation courante en anglais avec un client ou un fournisseur.</li> <li>❷ Lit et comprend des documents techniques rédigés en anglais.</li> <li>❸ Lit la presse professionnelle d'origine anglo-saxonne.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <p>Formation continue</p> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Liée à son aisance verbale et écrite en français et en anglais.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<p>Comprendre et être compris.</p>

## **FONCTION 6 : CONTRIBUTION A LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ET A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

Le technicien supérieur CIRA apporte son concours à la prévention des risques professionnels et à la protection de l'environnement par sa capacité à percevoir les principaux enjeux socio-techniques et à intégrer ces dimensions au cours des différentes phases de son action.

### **ACTIVITE : 1**

Participe à l'inventaire des phénomènes dangereux.

Identifie les risques liés à la régulation des procédés :

- lors de l'installation et la mise en service des systèmes de régulation.
- en production normale.
- en cas de dérive du procédé.
- lors des phases d'arrêt et de démarrage de la production.

### **ACTIVITE : 2**

Evalue des risques liés à la régulation.

- Interprète les dysfonctionnements en terme de :
  - \* sûreté du procédé,
  - \* sécurité des personnes,
  - \* conséquences sur l'environnement.
- Classe et hiérarchise ces risques en fonction de la gravité estimée.

### **ACTIVITE : 3**

Propose des dispositions préventives ou correctives en matière de risques professionnels et d'environnement lors de :

- l'expression du besoin et définition du cahier des charges,
- la sélection du matériel,
- l'établissement des schémas de régulation et de montage,
- l'élaboration des modes opératoires d'installations, d'intervention et de maintenance,
- la préparation des mesures palliatives en cas de défaillance de la régulation.

### **ACTIVITE : 4**

Contribue à la formation à la sécurité concernant les systèmes et les appareils de régulation.

- Rassemble la documentation.
- Prépare les supports de formation.

### **ACTIVITE : 5**

Assure la prévention des risques liés à son activité de terrain.

- En qualité d'intervenant direct.
- En qualité de responsable d'une équipe spécialisée d'installation ou de maintenance.
- En qualité de coordinateur de chantier (interférences de risques).

FONCTION N° 6	CONTRIBUTION A LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ET A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
<p><b>ACTIVITE : 1</b></p>	<p>Participe à l'inventaire des phénomènes dangereux.  Identifie les risques liés à la régulation des procédés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ lors de l'installation et la mise en service des systèmes de régulation.</li> <li>❷ en production normale.</li> <li>❸ en cas de dérive du procédé.</li> <li>❹ lors des phases d'arrêt et de démarrage de la production.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Références réglementaires, normatives et techniques.</li> <li>- Outils méthodologiques (grilles d'analyse).</li> <li>- Schéma du procédé.</li> <li>- Schéma du système commande contrôle.</li> <li>- Caractéristiques techniques des appareils (fiabilité).</li> <li>- Phases sensibles de la production.</li> <li>- Délimitation des zones dangereuses.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Complète dans sa spécialité.</li> <li>- En coordination avec l'équipe de conception et/ou de production.</li> </ul>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<p>Liste des principaux risques inhérents à la régulation et à la production et des conditions dans lesquelles elles risquent de survenir.</p>

FONCTION N° 6	CONTRIBUTION A LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ET A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
<p><b>ACTIVITE : 2</b></p>	<p>Evalue les risques liés à la régulation.</p> <p>❶ Interprète les dysfonctionnements en terme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* sûreté du procédé,</li> <li>* sécurité des personnes,</li> <li>* conséquences sur l'environnement.</li> </ul> <p>❷ Classe et hiérarchise ces risques en fonction de la gravité estimée.</p>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Références réglementaires, normatives et techniques.</li> <li>- Consignes de sécurité et de gestion des risques spécifiques à l'entreprise et aux installations.</li> <li>- Historique des incidents/accidents et retour d'expérience.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Autonomie et responsabilité partielles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en fonction de ses habilitations,</li> <li>- sous l'autorité de sa hiérarchie,</li> <li>- en coordination avec l'équipe de production.</li> </ul>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluation justifiée des risques en terme de fréquence et de gravité.</li> <li>- Appréciation des risques résiduels.</li> </ul>

FONCTION N° 6	CONTRIBUTION A LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ET A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
<p><b>ACTIVITE : 3</b></p>	<p>Propose des dispositions préventives ou correctives en matière de risques professionnels et d'environnement lors de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ l'expression du besoin et définition du cahier des charges,</li> <li>❷ la sélection du matériel,</li> <li>❸ l'établissement des schémas de régulation et de montage,</li> <li>❹ l'élaboration des modes opératoires d'installations d'intervention et de maintenance,</li> <li>❺ la préparation des mesures palliatives en cas de défaillance de la régulation.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cahier des charges.</li> <li>- Références réglementaires, normatives et techniques.</li> <li>- Outils méthodologiques (critères de sélection, hiérarchie des mesures, indicateurs de suivi...).</li> <li>- Connaissance des institutions et organismes de prévention des risques professionnels et de protection de l'environnement : <ul style="list-style-type: none"> <li>* internes à l'entreprise (services de prévention, CHSCT, Médecine du Travail...),</li> <li>* externes (Inspection du Travail, CRAM, DRIRE...).</li> </ul> </li> <li>- Documentations professionnelles.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Sous l'autorité de sa hiérarchie et en coordination avec l'équipe de production.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<p>Adéquation des dispositions retenues vis à vis des risques identifiés et évalués.</p>

FONCTION N° 6	CONTRIBUTION A LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ET A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
<p><b>ACTIVITE : 4</b></p>	<p>Contribue à la formation à la sécurité concernant les systèmes et les appareils de régulation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ Rassemble la documentation.</li> <li>❷ Prépare les supports de formation.</li> </ul>
<p><b>Conditions d'exercice :</b></p>	<p><b>Moyens et ressources :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentation générale.</li> <li>- Plan de situation et de montage des appareils.</li> <li>- Principes de conception du système de régulation.</li> <li>- Notices techniques des appareils utilisés.</li> <li>- Outils adaptés à la formation professionnelle.</li> </ul> <p><b>Autonomie :</b></p> <p>Totale.</p>
<p><b>Résultats attendus :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transmission méthodique, accessible et rigoureuse des notions essentielles.</li> <li>- Utilisation appropriée des outils pédagogiques.</li> </ul>



FONCTION N° 6	CONTRIBUTION A LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ET A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><b>ACTIVITE : 5</b></div>	<p>Assure la prévention des risques liés à son activité de terrain.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❶ en qualité d'intervenant direct.</li> <li>❷ en qualité de responsable d'une équipe spécialisée d'installation ou de maintenance.</li> <li>❸ en qualité de coordinateur de chantier (interférences de risques).</li> </ul>
<b>Conditions d'exercice :</b>	<b>Moyens et ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation (en fonctionnement ou à l'arrêt).</li> <li>- Références réglementaires, normatives et techniques.</li> <li>- Inventaire des risques propres : <ul style="list-style-type: none"> <li>* à sa spécialité,</li> <li>* au site sur lequel il intervient.</li> </ul> </li> <li>- Résultat des analyses d'interférences de risques.</li> <li>- Equipes d'intervenants directs ou extérieurs.</li> <li>- Organigramme fonctionnel occasionnel d'intervention.</li> </ul> <b>Autonomie :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En fonction de ses habilitations.</li> <li>- En coordination avec les autres intervenants.</li> </ul>
<b>Résultats attendus :</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduite des interventions en toute sécurité.</li> <li>- Identifier et organiser l'intervention sous sa responsabilité dans le cadre d'une structure occasionnelle (installation à l'arrêt, Plan de prévention, POI, PPI, etc.).</li> </ul>

**REFERENTIEL  
DE CERTIFICATION**

# LA FORMATION EN STS CIRA

Recrutant des élèves titulaires d'un baccalauréat de la série STL (option contrôle et régulation ou option mesures physiques), des séries STI ou de la série scientifique S, les sections de techniciens supérieur en contrôle industriel et régulation automatique forment les futurs spécialistes de la commande des processus mis en oeuvre dans les industries de la chimie, de la pharmacie, de la métallurgie, du nucléaire, de l'agro-alimentaire.

L'enseignement dispensé au cours des deux années de STS-CIRA, assure au futur titulaire du brevet de technicien supérieur :

- Une formation scientifique et technologique solide et de haut niveau l'autorisant pleinement à intervenir dans la conception, l'instrumentation, la conduite, la maintenance des systèmes industriels complexes.

- Une parfaite maîtrise des outils de communication lui permettant de dialoguer utilement avec les partenaires et les services techniques ou commerciaux avec lesquels il est en interaction professionnelle.

- Des connaissances actualisées de la réglementation, notamment dans le domaine de la sécurité, lui donnant toute compétence pour intervenir sur diverses installations ou pour conseiller ses commanditaires.

En plein accord avec les spécifications du référentiel des activités professionnelles et du référentiel de certification, cet enseignement se donne pour mission de développer le savoir faire du technicien supérieur dans son futur cadre professionnel.

Dans ses contenus, dans ses démarches didactiques, dans les outils qu'il utilise, dans son organisation pédagogique, il prépare l'étudiant aux évolutions qui ne manqueront pas de se produire dans un champ professionnel en mutation rapide.

La nécessité de développer les capacités de synthèse, de prise en compte globale des systèmes et des procédés, dans leurs dimensions techniques et sociales implique continuité et complémentarité de tous les enseignements de telle sorte que leur cohérence et leur convergence préfigurent celles qui seront de mise dans les activités et les démarches du futur technicien supérieur.

Dans les disciplines scientifiques et technologiques, la dimension expérimentale est première car, en bonne articulation sur l'enseignement théorique, elle contribue à former les esprits à la rigueur et à la méthode scientifique et favorise la nécessaire ouverture sur les techniques et les applications.

Quant à l'enseignement général, il favorise tout à la fois l'épanouissement personnel et culturel et l'acquisition d'instruments fondamentaux indispensables, tout particulièrement dans le domaine de la communication.

Les nouvelles technologies occupent une place prioritaire dans toutes les situations d'apprentissage pour illustrer ou concrétiser les concepts, pour mesurer, simuler, modéliser, contrôler, piloter mais aussi pour aider l'élève dans son travail personnel.

Les démarches pédagogiques privilégient le développement de l'autonomie, de la créativité, de l'esprit d'équipe. A cet égard, le travail en équipe des enseignants est une composante essentielle du dispositif pédagogique en vigueur en sections de techniciens supérieur. Le décloisonnement disciplinaire doit prévaloir : c'est le prix à payer pour assurer une réelle transversalité du savoir. Dans cet esprit, les relations avec le monde industriel, qu'elles se situent dans le cadre du stage en entreprise ou dans d'autres circonstances, doivent être systématiquement recherchées ; elles ne sauraient être l'apanage des seuls enseignants du secteur professionnel.

Afin de faciliter l'insertion, on pourra utilement, ici ou là, développer tel ou tel domaine technologique à caractère régional, peu explicité dans les programmes, sans toutefois mettre en péril la réussite à l'examen.

Réglementation, normes, sécurité :

En toute circonstance, le technicien supérieur CIRA sera formé au respect des lois et règlements en vigueur, notamment dans le domaine de la sécurité. Il ne saurait, par exemple, ignorer les objectifs fixés par les directives européennes. Il devra savoir faire un choix judicieux dans les normes indicatives après avoir fait une analyse des risques liés au procédé et à l'instrumentation mis en oeuvre.

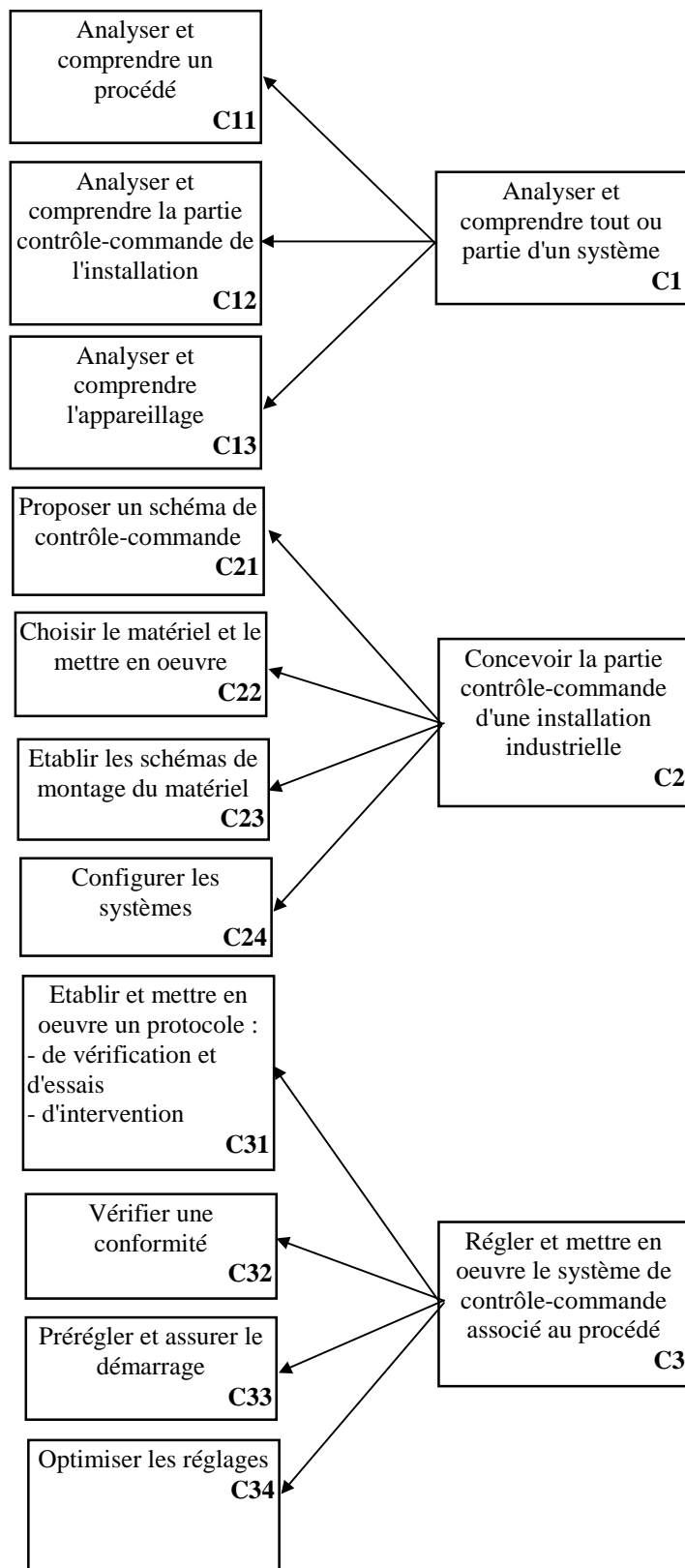
Dans l'enseignement, on appliquera les normes prévues par le référentiel (ou leur substitut) dans le but de fixer un langage commun. Dans l'évaluation à l'examen, on fera preuve de souplesse, en particulier en ce qui concerne un certain nombre de notations choisies dans les normes internationales à condition qu'elles n'entrent pas en contradiction avec les lois et règlements en vigueur.

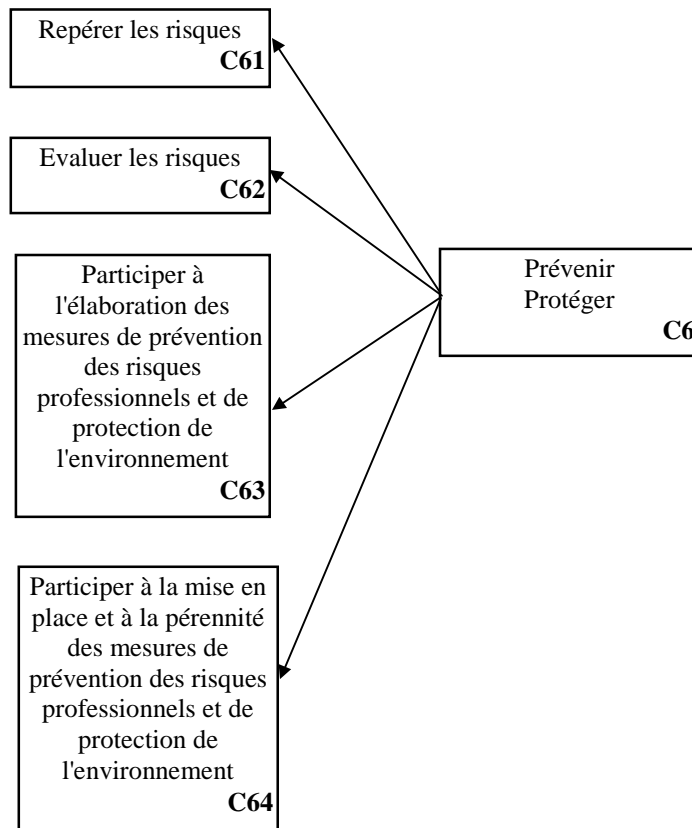
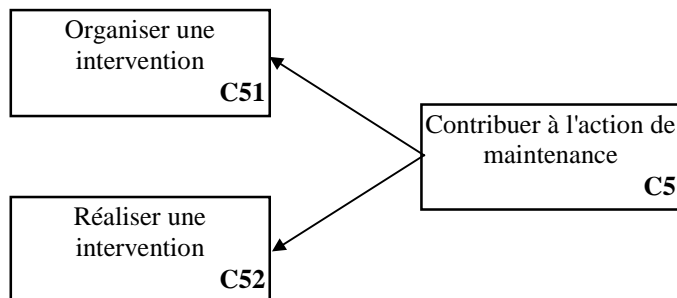
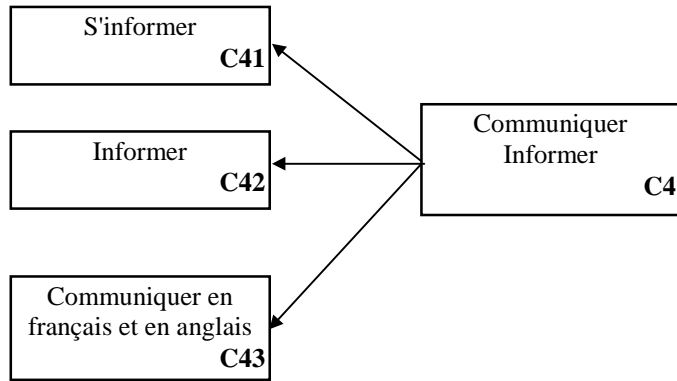
Comme tous les diplômes professionnels, le BTS CIRA est élaboré à partir du référentiel des activités professionnelles qui décrit l'ensemble des tâches qui pourront être confiées au titulaire du diplôme après une période d'adaptation dans l'entreprise. Il lui est associé le référentiel de certification qui inventorie l'ensemble des capacités, des compétences, des savoir-faire et savoirs associés nécessaires à l'obtention du diplôme et définit les niveaux d'exigence. La définition des contenus disciplinaires résulte directement de ces deux référentiels.

## **Capacités et compétences**

# REFERENTIEL DE CERTIFICATION

## BTS CIRA





## **Savoirs associés**



# PROGRAMMES DE L'ENSEIGNEMENT EN STS CIRA

Les capacités décrites dans le référentiel de certification constituent le cadre de référence de la définition des objectifs de la formation.

Dans le cadre des apprentissages disciplinaires, celles-ci peuvent être classées dans la typologie proposée au BO Spécial N° 3 du 09/07/1987 (annexe). Cette classification (colonnes C - T - E) a pour but de faciliter l'organisation des séquences d'apprentissage et l'évaluation afférente.

La liste des connaissances propres à chaque discipline (colonne 1) est ainsi définie par rapport à des objectifs comportementaux à atteindre au cours de la formation et qui doivent être opérationnalisés :

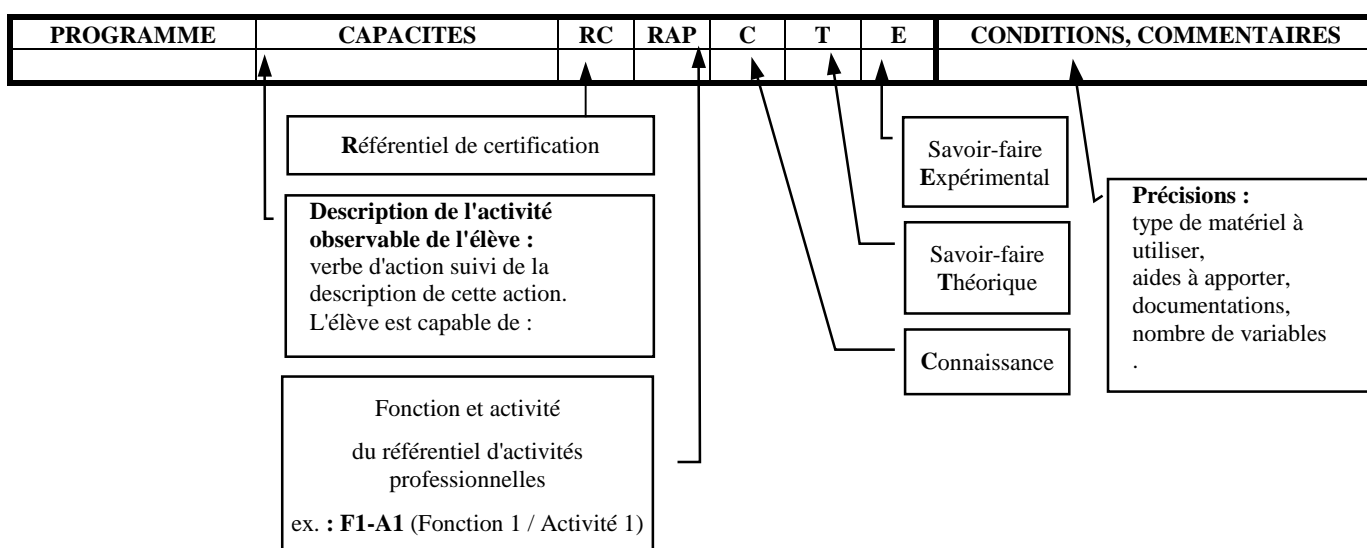
- l'objectif est décrit de telle sorte que la performance de l'élève puisse être évaluée par un comportement observable (colonne 2 : capacités)
- les conditions dans lesquelles le comportement escompté doit se manifester sont mentionnées (colonne conditions - commentaires)
- le niveau d'exigence est précisé.

L'utilisation des objectifs opérationnels permet de mieux cadrer le niveau d'exigence vis à vis de l'élève :

\* Niveau minimum de ce qui est étudié en cours de formation.

\* Niveau maximum de ce qui sera demandé à l'examen.

Cette présentation ne constitue aucunement un carcan pédagogique : le professeur reste maître de sa progression et des stratégies pédagogiques permettant d'atteindre ces objectifs.



## **Discipline : Français**

L'enseignement du français dans les sections de techniciens supérieurs se réfère aux dispositions de l'arrêté du 30 mars 1989 (BOEN n° 21 du 25 mai 1989) fixant les objectifs, les contenus de l'enseignement et le référentiel de capacités du domaine de l'expression française pour le brevet de technicien supérieur.

## **Discipline : Anglais**

### **1- OBJECTIFS**

Etudier une langue vivante étrangère contribue à la formation intellectuelle et à l'enrichissement culturel de l'individu.

Pour l'étudiant de section de technicien supérieur, cette étude est une composante de la formation professionnelle et la maîtrise d'une langue vivante étrangère est une compétence indispensable à l'exercice de la profession.

Sans négliger aucun des quatre savoir-faire linguistiques fondamentaux (comprendre, parler, lire et écrire la langue vivante étrangère) l'on s'attachera à satisfaire les besoins spécifiques à l'activité professionnelle courante et à l'utilisation de la langue vivante étrangère dans l'exercice du métier.

### **2- COMPETENCES FONDAMENTALES**

Elles seront développées dans les domaines suivants :

- exploitation de la documentation, en langue vivante étrangère, afférente aux domaines techniques et commerciaux (notices techniques, documentation professionnelle, articles de presse, courrier, fichier informatisé ou non...);
- utilisation efficace des dictionnaires et ouvrages de référence appropriés ;
- compréhension orale d'informations ou instructions à caractère professionnel et maîtrise de la langue orale de communication au niveau de l'échange de type professionnel ou non, y compris au téléphone ;
- expression écrite, prise de notes, rédaction de comptes rendus, de lettres, de messages, de brefs rapports.

Une liaison étroite avec les professeurs d'enseignement technologique et professionnel est recommandée au profit mutuel de la langue et de la technologie enseignées, dans l'intérêt des étudiants.

### **3- CONTENUS**

#### **3-1 Grammaire**

La maîtrise opératoire des éléments morphologiques et syntaxiques figurant au programme des classes de première et terminale constitue un objectif raisonnable. Il conviendra d'en assurer la consolidation et l'approfondissement.

#### **3-2 Lexique**

On considérera comme acquis le vocabulaire élémentaire de la langue de communication et le programme de second cycle des lycées.

C'est à partir de cette base nécessaire que l'on devra renforcer, étendre et diversifier les connaissances en fonction des besoins spécifiques de la profession.

#### **3-3 Eléments culturels des pays utilisateurs d'une langue vivante étrangère**

La langue vivante étrangère s'étend ici au sens de la langue utilisée par les techniciens et doit être pratiquée dans sa diversité : écriture des dates, unités monétaires, abréviations, heure... En anglais, on veillera à familiariser les étudiants aux formes britanniques, américaines, canadiennes, australiennes... représentatives de la langue anglophone.

Une attention particulière sera apportée à ces problèmes, tant à l'écrit qu'à l'oral.

<p>Compréhension de l'écrit</p>	<p>1 – Compréhension de l'essentiel d'un message (contexte et points cruciaux) Repérer les éléments essentiels à la compréhension pour élaguer le document.</p> <p>2 – Prélever des informations nécessaires à une réutilisation, les classer, les synthétiser</p> <p>3 – Exploiter des sources d'informations multiples afin de sélectionner les informations pertinentes et en faire la synthèse.</p> <p>4 – Perception des éléments implicites du message et interprétation.</p>
<p>Compréhension de l'oral</p>	<p>1 – Compréhension de l'essentiel d'un message bref et prévisible (ordres, consignes, messages téléphoniques...)</p> <p>2 – Compréhension et traitement d'informations (prélèvement, classement, résumé) dans des messages plus longs (prise de messages téléphoniques ; participation à une réunion professionnelle).</p>
<p>Production orale</p>	<p>1 – Reproduction, reformulation d'un renseignement, d'un message simple</p> <p>2 – Production et transmission de messages simples et compréhensibles.</p>
	<p>1 – Informations demandées.</p> <p>2 – Participation effective à une conversation permettant d'assumer un rôle de locuteur, de partager des informations pour travailler en équipe et d'exprimer des points de vue.</p> <p>3 – Prise d'initiatives dans les échanges. Interventions pertinentes et efficaces.</p>
<p>Production écrite</p>	<p>1 – Prendre des notes.</p> <p>2 – Production de messages simples, compréhensibles.</p> <p>3 - Rendre compte d'éléments prélevés à l'écrit ou/et à l'oral.</p>

## Discipline : Mathématiques

L'enseignement des mathématiques dans les sections de techniciens supérieurs CIRA se réfère aux dispositions de l'arrêté du 30 mars 1989 fixant les objectifs, les contenus de l'enseignement et le référentiel des capacités du domaine des mathématiques pour les brevets de technicien supérieur.

Les dispositions de cet arrêté sont précisées pour ce B.T.S. de la façon suivante :

### ***I- LIGNES DIRECTRICES***

#### **1. OBJECTIFS SPECIFIQUES A LA SECTION**

L'étude des signaux, numériques ou analogiques, constitue un des objectifs essentiels de la formation des techniciens supérieurs CIRA, car elle intervient aussi bien en électronique proprement dite que dans le cadre plus large des systèmes automatisés. Cette étude porte à la fois sur des problèmes de description (analyse et synthèse), d'évolution et de commande. Selon que l'on s'intéresse aux aspects continus ou discrets, l'état de tels systèmes est décrit mathématiquement par des fonctions ou des suites, qu'il s'agit alors de représenter de façon pertinente à l'aide de codages, de méthodes géométriques, ou de transformations permettant d'étudier la dualité entre les valeurs prises aux différents instants et la répartition du spectre. Enfin, il est largement fait appel aux ressources de l'informatique.

#### **2. ORGANISATION DES CONTENUS**

C'est en fonction de ces objectifs que l'enseignement des mathématiques est conçu ; il peut s'organiser autour de trois pôles :

- une étude des fonctions, mettant en valeur l'interprétation des opérations en termes de signaux (sommes, produits, dérivation, intégration, translation du temps, changement d'échelle...) et les relations avec l'étude des suites. La maîtrise des fonctions usuelles s'insère dans ce contexte et on a fait place aussi bien aux fonctions exponentielles réelles ou complexes qu'aux fonctions représentant des signaux moins réguliers : échelon unité, créneaux, dents de scie. De même, il convient de viser une bonne maîtrise des nombres complexes et des fonctions à valeurs complexes, notamment par l'emploi de représentations géométriques appropriées.
- l'analyse et la synthèse spectrale des fonctions périodiques (séries de Fourier) ou non périodiques (Transformation de Laplace), la convolution et le calcul opérationnel occupent une place centrale : pour des raisons de progression et de niveau, d'autres questions n'ont pu être introduites, malgré leur utilité pour la formation considérée : c'est le cas pour la transformation de Fourier, l'étude des signaux aléatoires. En revanche, on a voulu marquer l'importance des équations différentielles, en relation avec les problèmes d'évolution et de commande ;
- une valorisation des aspects numériques et graphiques pour l'ensemble du programme, une initiation à quelques méthodes élémentaires de l'analyse numérique et l'utilisation à cet effet des ressources des calculatrices de poche et des moyens informatiques. On initiera les élèves à la recherche et à la mise en forme des algorithmes signalés dans le programme mais aucune connaissance théorique sur ces algorithmes n'est exigible des élèves.

On notera à ce propos que les notions sur les systèmes de numération, sur les codages et sur les opérations logiques nécessaires à l'enseignement de l'électronique sont intégrés à cet enseignement et ne figurent pas au programme de mathématiques. Les professeurs se concerteront de manière à assurer une bonne progression pour les élèves dans ces domaines.

#### **3. ORGANISATION DES ETUDES**

L'horaire est de 2 heures + 1,5 heures en première année et de 1 heure + 1 heure en seconde année.

## II - PROGRAMME

### NOMBRES COMPLEXES 3

Les premiers éléments de l'étude des nombres complexes ont été mis en place en première et terminale en liaison avec l'enseignement des sciences physiques. L'objectif est, d'une part, de mettre en œuvre et de compléter cet acquis pour fournir des outils qui sont utilisés en sciences physiques et en mécanique et, d'autre part, de mettre en évidence les interprétations géométriques et les interventions des nombres complexes en analyse : fonctions à valeurs complexes et représentations géométriques associées, calcul intégral, résolution d'équations différentielles.

- a) Forme algébrique  $z = x + iy$  ; représentation dans le plan complexe ; lignes de niveau des fonctions  $z \mapsto \operatorname{Re}(z)$  et  $z \mapsto \operatorname{Im}(z)$
- b) Module d'un nombre complexe ; argument d'un nombre complexe non nul, notation  $e^{i\theta}$  ; forme trigonométrique  $z = re^{i\theta}$ , où  $r > 0$  ; lignes de niveau des fonctions  $z \mapsto |z - a|$  et  $z \mapsto \operatorname{Arg}(z - a)$ .
- c) Formule de Moivre. Formules d'Euler.
- d) Transformations élémentaires : translations  $z \mapsto z + b$ , similitudes directes  $z \mapsto az$ , symétrie  $z \mapsto \bar{z}$ , transformation  $z \mapsto \frac{1}{z}$ .

La construction de  $\mathbb{C}$  n'est pas au programme. Les élèves doivent connaître la notation  $x + jy$  utilisée en électricité.

Les élèves n'ont pas à connaître le repérage polaire  $\rho e^{i\theta}$ , où  $\rho$  est de signe quelconque.

On se bornera à l'étude de l'image d'une droite ou d'un cercle et à la conservation de l'orthogonalité ; pour la transformation  $z \mapsto \frac{1}{z}$  on se limitera au cas où les cercles considérés passent par l'origine.

#### Liste des travaux pratiques.

- 1° Linéarisation de polynômes trigonométriques.
- 2° Résolution des équations du second degré à coefficients complexes.
- 3° Exemples d'étude de transformations  
 $z \mapsto az + b$  ou  $z \mapsto \frac{az + b}{cz + d}$ .

Pour la linéarisation de polynômes trigonométriques on se bornera à des exposants peu élevés ; toute virtuosité en ce domaine est exclue.

Aucune étude systématique des racines  $n^{\text{ièmes}}$  d'un nombre complexe n'est au programme.

On fournira aux élèves des indications utiles pour ramener l'étude de telles transformations aux transformations élémentaires indiquées dans le programme.

## SUITES ET SERIES NUMERIQUES 2

Les suites sont un outil indispensable pour l'étude des phénomènes discrets, et c'est à ce titre qu'elles font l'objet d'une initiation. Aucune difficulté théorique ne doit être soulevée à leur propos. Le programme se place dans le cadre des suites définies pour tout entier naturel. L'étude des opérations sur les suites n'est pas au programme.

Sur des exemples significatifs, on amènera les élèves à conduire et à rédiger des raisonnements par récurrence (passage de  $n$  à  $n + 1$ , passage de  $1, 2, \dots, n$  à  $n + 1$ ). Mais on évitera la mise en forme de récurrences dans les cas intuitivement évidents et on s'abstiendra de toute considération théorique sur le principe de récurrence.

C'est essentiellement en vue de l'étude des séries de Fourier et des développements en série entière des fonctions usuelles que des notions élémentaires sur les séries numériques sont introduites au programme.

### Suites numériques :

a) Comportement global : suites croissantes, suites décroissantes.

b) Etude d'une suite pour les grandes valeurs de  $n$ , langage des limites.

$\alpha$ ) Après observation des suites de terme général  $n, n^2, n^3, \sqrt{n}, b^n$ , où  $b$  est nombre réel strictement supérieur à 1; on dit que ces suites tendent vers  $+\infty$  lorsque  $n$  tend vers  $+\infty$ .

Lorsqu'on a établi une minoration de la forme  $u_n \geq \lambda a_n$  à partir d'un certain rang, où  $(a_n)$  désigne une des suites de référence ci-dessus et  $\lambda$  un réel strictement positif, on dit que la suite  $(u_n)$  tend vers  $+\infty$ , ce que l'on note  $\lim_{n \rightarrow +\infty} u_n = +\infty$

$\beta$ ) Après observation des suites de terme général  $\frac{1}{n}$ ,

$\frac{1}{n^2}, \frac{1}{n^3}, \frac{1}{\sqrt{n}}, \frac{1}{b^n}$ , on dit que ces suites tendent vers 0 lorsque  $n$  tend vers  $+\infty$ . Si on a établi une majoration de la forme  $|u_n - L| \leq \lambda a_n$  à partir d'un certain rang, où  $(a_n)$  désigne une des suites de référence convergeant vers zéro, on dit que la suite  $(u_n)$  converge vers L, ce que l'on note.

$\lim_{n \rightarrow +\infty} u_n = L$ . L'unicité de la limite est admise.

$\gamma$ ) Énoncés usuels sur les limites (admis) : Comparaison, compatibilité avec l'ordre. Somme, produit, quotient.

Image d'une suite par une fonction : étant donné une fonction  $f$  définie sur un intervalle I et une suite  $(u_n)$  de points de I, si  $\lim_{n \rightarrow +\infty} u_n = a$  (finie ou non), et si  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \lambda$  (finie ou non), alors.

$\lim_{n \rightarrow +\infty} f(u_n) = \lambda$

c) Convergence d'une suite monotone.

La définition des limites par  $(A, N)$  ou  $(\varepsilon, N)$  est en dehors du programme.

Il est important que les élèves sachent classer entre elles les suites de référence, mais aucune démonstration n'est exigible à ce sujet.

Les énoncés ci-contre sont calqués sur ceux relatifs aux fonctions. Il n'y a pas lieu de s'attarder à leur présentation : l'objectif est d'apprendre aux élèves à les mettre en œuvre sur des exemples simples.

Ce résultat est admis.

d) Pour des suites de nombres non nuls : suite négligeable devant une autre, suites équivalentes, notation  $u_n \sim v_n$

Limites et comportements asymptotiques comparés des suites  $(\ln n)$ ;  $(a^n)$ ,  $a$  réel strictement positif;  $(n^\alpha)$ ,  $\alpha$  réel.

### Séries numériques :

Définition de la convergence d'une série à termes réels. Convergence des séries géométriques.

Séries à termes positifs : comparaison de deux séries dans le cas où  $u_n \leq v_n$ , et où  $u_n \sim v_n$ . Comparaison à une intégrale ; convergence des séries de Riemann.

Comparaison à une série géométrique, règle de d'Alembert ; comparaison à une série de Riemann.

Séries absolument convergentes.

Les opérations sur les suites équivalentes sont en dehors du programme.

### Listes des travaux pratiques.

1° Exemples d'étude du comportement de suites de la forme  $u_n = f(n)$  (encadrement, monotonie, limite).

Dans les problèmes de limites, on donnera les indications nécessaires pour obtenir une des minorations ou majorations indiquées dans le programme. D'une manière générale, tout excès de technicité est à éviter dans la recherche d'une limite.

2° Exemples d'étude du comportement de suites définies par une relation  $u_{n+1} = f(u_n)$  et leur premier terme, et d'approximation d'un point fixe de  $f$  à l'aide d'une telle suite.

Toute étude de ce type de suite devra comporter des indications sur la méthode à suivre. Dans le cas de l'approximation d'un point fixe  $\alpha$  de  $f$ , on soulignera l'intérêt (théorique et numérique) d'une inégalité  $|f(x) - \alpha| \leq k|x - \alpha|$ , où  $k < 1$ .

3° Exemples d'emploi de suites pour l'approximation d'un nombre.

Les différentes étapes sont mises en évidence : construction d'un algorithme d'approximation au moyen d'une suite, étude de cette suite, obtention de la précision visée.

4° Exemples simples d'étude de séries numériques.

Tout excès de technicité est à éviter.



## FONCTIONS D'UNE VARIABLE REELLE 2

L'objectif essentiel est l'étude du comportement (global ou asymptotique) de phénomènes continus ; la notion de fonction sert à décrire mathématiquement ces phénomènes. Dans ce cadre, les représentations graphiques doivent jouer un rôle important. En revanche, il convient de ne pas abuser des problèmes centrés sur l'étude traditionnelle de fonctions définies par une formule donnée a priori, dont on demande de construire la courbe représentative.

On se place dans le cadre des fonctions à valeurs réelles ou complexes définies sur un intervalle de  $\mathbb{R}$ . Les élèves devront savoir étudier les situations qui s'y ramènent simplement.

Les élèves doivent savoir interpréter les fonctions qui se déduisent d'une fonction donnée

$f$  par les opérations

$$t \mapsto f(t-T), t \mapsto f\left(\frac{t}{k}\right), t \mapsto kf(t) \text{ et } t \mapsto e^{i\varphi} f(t).$$

Le champ des fonctions étudiées se limite aux fonctions usuelles (fonctions en escalier, fonctions affines par morceaux, fonction exponentielle  $t \mapsto \exp t$  ou  $t \mapsto e^t$  et logarithme népérien  $t \mapsto \ln t$ , fonctions puissances  $t \mapsto t^\alpha$  où  $\alpha \in \mathbb{R}$ , fonctions circulaires  $t \mapsto \cos t, t \mapsto \sin t, t \mapsto e^{it}, t \mapsto e^{at}$  où  $a \in \mathbb{C}$ ) et à celles qui s'en déduisent de façon simple par opérations algébriques et par composition.

a) Fonctions à valeurs réelles.

Notions élémentaires sur les limites et la continuité ; opérations sur les limites.

Propriétés fondamentales des fonctions continues (admises) : l'image d'un intervalle (resp. d'un segment) est un intervalle (resp. un segment) ; limite d'une fonction monotone. Continuité de la fonction réciproque d'une fonction continue strictement monotone.

Définition des fonctions circulaires réciproques et des fonctions hyperboliques ; on donnera leurs dérivées.

b) Comparaison des fonctions (à valeurs non nulles) au voisinage d'un point :

fonction négligeable devant une autre, fonctions équivalentes ; notation  $f \sim g$ .

Comparaison des fonctions exponentielle, puissance et logarithme au voisinage de  $+\infty$

Aucune difficulté théorique ne doit être soulevée sur les notions de limite et de continuité.

Aucune étude systématique de ces fonctions n'est au programme.

Les opérations sur les fonctions équivalentes sont en dehors du programme.

## CALCUL DIFFERENTIEL ET INTEGRAL 3

Il n'y a pas lieu de reprendre la présentation des concepts de dérivée et d'intégrale, et aucune difficulté théorique ne peut être soulevée à ce sujet. On consolidera et approfondira les acquis de Terminale sur la pratique du calcul des dérivées et des primitives. Le programme se place dans le cadre des fonctions à valeurs réelles ou complexes définies sur un intervalle I de R. Les interprétations géométrique et cinématique de la dérivée en un point doivent être connues.

Pour l'intégration, on se limite au cas de fonctions continues par morceaux qui se déduit aussitôt du cas abordé en Terminale. Aucune théorie de la notion d'aire n'est au programme ; on admettra son existence et ses propriétés élémentaires. Il convient d'éclairer, chaque fois qu'on le peut, les propriétés de l'intégrale en termes d'aires.

- a) Etant donné un point  $a$  de  $I$  et une fonction continue sur  $I$ , la fonction  $x \mapsto \int_a^x f(t)dt$  est l'unique primitive de  $f$  sur  $I$  prenant la valeur zéro au point  $a$ .

Propriétés de l'intégrale :

Relation de Chasles.

Linéarité :

$$\int_a^b (\alpha f + \beta g)(t)dt = \alpha \int_a^b f(t)dt + \beta \int_a^b g(t)dt.$$

Positivité: : si  $a \leq b$  et  $f \geq 0$ , alors  $\int_a^b f(t)dt \geq 0$ ;

Intégration d'une inégalité,

Inégalité de la moyenne:

si  $a \leq b$  et  $m \leq f \leq M$  alors

$$m(b-a) \leq \int_a^b f(t)dt \leq M(b-a);$$

de même, si  $|f| \leq k$ , alors

$$\left| \int_a^b f(t)dt \right| \leq \int_a^b |f(t)|dt \leq k(b-a); \text{ par suite, si}$$

$|f'| \leq k$ , alors  $|f(b) - f(a)| \leq k(b-a)$  (inégalité des accroissements finis).

- b) Intégration par parties et intégration par changement de variable.

- c) Formule de Taylor avec reste intégral. Majoration du reste, inégalité de Taylor Lagrange.

Application à l'obtention des développements limités des fonctions usuelles (exponentielle, logarithme, binôme, fonctions circulaires).

Application au développement en séries entières des fonctions précédentes (le développement de  $(1+x)^\alpha$  est admis).

- d) Notions sur les intégrales impropres.

La notion différentielle  $df = f'(t)dt$  sera donnée ainsi que son interprétation physique en termes d'effet sur la valeur de  $f$  au point  $t$  d'un petit accroissement de la variable ; l'utilité de la notation différentielle pour les problèmes de changement de variable sera soulignée ; mais aucune difficulté théorique ne doit être soulevée sur le statut mathématique de la notion de différentielle.

Le théorème de Rolle, la formule des accroissements finis et la formule de Taylor ne sont pas au programme.

Les élèves doivent savoir utiliser les changements de variable pour l'étude de l'intégrale d'une fonction périodique ou présentant un élément de symétrie.

La théorie générale des séries entières est hors programme. On admettra l'existence d'un nombre  $R$  appartenant à  $[0, +\infty]$ , appelé rayon de convergence, tel que la série  $\sum |a_n| |x|^n$  soit convergente pour  $|x| < R$  et divergente pour  $|x| > R$

Convergence d'une intégrale de la forme  $\int_a^{+\infty} f(t)dt$  ;  
 extension aux intégrales  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(t)dt$ .  
 Convergence des intégrales de Riemann  $\int_1^{+\infty} \frac{dt}{t^\alpha}$  où  $\alpha$   
 $\in \mathbb{R}$   
 Intégrales de fonctions positives ; comparaison dans  
 les cas  $f \leq g$  ou  $f \sim g$   
 Intégrales absolument convergentes.

Aucune difficulté théorique ne doit être soulevée sur les notions de ce paragraphe et toute technicité abusive ou gratuite est exclue.

### Listes des travaux pratiques.

1° Exemples d'emploi du calcul différentiel pour la recherche d'extrémums, l'étude de la variation et la construction des représentations graphiques des fonctions.

Les exemples sont issus, le plus souvent possible, de l'étude de phénomènes rencontrés en sciences physiques, en biologie ou en technologie. On se limitera aux situations qui se ramènent au cas des fonctions d'une seule variable. Toute étude sur le comportement asymptotique d'une fonction devra comporter des indications sur la méthode à suivre.

2° Exemples simples d'emploi des développements limités pour l'étude locale des fonctions.

Les élèves devront savoir utiliser, sur des exemples simples, les opérations suivantes (sommes, produits, dérivation, intégration) sur les développements limités. Pour les autres opérations (quotients, composition) des indications sur la méthode à suivre devront être fournies.

3° Exemples de tracé de courbes planes définies par une représentation paramétrique  $t \mapsto f(t) + ig(t)$ , ou une représentation polaire  $t \mapsto f(t) = r(t)\exp(i\varphi(t))$ , où  $r(t) \geq 0$ .

Aucune connaissance n'est exigible sur l'étude des points singuliers et des branches infinies. Les règles spécifiques à l'étude des courbes définies par une équation polaire sont en dehors du programme. On s'attachera à choisir des exemples de courbes intervenant dans des problèmes issus de la géométrie, de la physique, de la régulation et de l'électronique.

4° Exemples simples d'obtention de développements en série entière et d'emploi de tels développements pour l'approximation d'une fonction par un polynôme.

Aucune étude systématique du rayon de convergence d'une série entière n'est au programme.

5° Exemples de recherche des solutions d'une équation numérique, et de mise en œuvre d'algorithmes d'approximation d'une solution à l'aide de suites.

Sur des exemples, on étudiera quelques méthodes classiques (dichotomie, méthode des approximations successives, méthode de Newton), mais aucune connaissance spécifique sur ces méthodes n'est exigible.

6° Calcul d'une primitive figurant au formulaire officiel ou s'en déduisant par un changement de variable du type  $t \mapsto t - b$  ou  $t \mapsto at$ .

7° Calcul d'une primitive d'une fonction rationnelle dans le cas de pôles simples ou d'une fonction exponentielle polynôme (de la forme  $t \mapsto e^{at} P(t)$  où  $a$  est complexe et  $P$  est un polynôme).

8° Exemples de calcul d'intégrales.

Dans le cas où il y a des pôles multiples, des indications doivent être données sur la méthode à suivre. Les élèves doivent savoir traiter les cas qui s'y ramènent simplement par linéarisation.

9° Exemples d'algorithmes d'approximation d'une intégrale.

Tout excès de technicité est à éviter pour le calcul des primitives. Les changements de variable autres que ceux indiqués ci-dessus devront être donnés.

10° Exemples de calculs d'aires, de volumes, de valeurs moyennes, de valeurs efficaces.

L'objectif est un certain savoir-faire concernant quelques méthodes élémentaires (point-milieu, trapèzes, Simpson), mais aucune connaissance spécifique n'est exigible sur ces méthodes.

## ANALYSE SPECTRALE : SERIES DE FOURIER

Coefficients de Fourier d'une fonction  $T$ -périodique continue par morceaux et série de Fourier d'une telle fonction : forme exponentielle  $\exp(in\omega t)$ , et forme en  $\cos(n\omega t)$  et  $\sin(n\omega t)$ . Convergence (admise) lorsque  $f$  est de classe  $C^1$  par morceaux (conditions de Dirichlet). Formule de Parseval (admise) donnant  $\int_0^T |f(t)|^2 dt$  en fonction des coefficients de Fourier, lorsque  $f$  est continue par morceaux.

Il convient de mettre en valeur le lien entre ces notions et l'étude des signaux périodiques : composante d'un signal dans une fréquence donnée, et reconstitution du signal à partir de ses composantes. La formule de Parseval est à mettre en relation avec le calcul de l'énergie à partir des composantes.

### Liste des travaux pratiques.

1° Recherche de développements en série de Fourier de fonctions périodiques.

On se limitera à des exemples simples et on exploitera des situations issues de l'électricité, de l'électronique ou de la mécanique. Aucune difficulté ne doit être soulevée sur la convergence des séries de Fourier en dehors des hypothèses indiquées par le programme.

# ANALYSE SPECTRALE : TRANSFORMATION DE LAPLACE

Le programme se borne à la transformation de Laplace des fonctions nulles sur  $]-\infty, 0[$ . Dans le cas d'une fonction définie sur  $\mathbb{R}$  quelconque, on transforme donc la fonction  $t \mapsto U(t)f(t)$  où  $U$  désigne l'échelon unité.

On habituera les élèves à utiliser des transformations géométriques simples (translation, symétrie orthogonale) et des propriétés figurant dans le formulaire pour obtenir sans calcul la transformée de Laplace d'une fonction donnée ou une fonction dont la transformée de Laplace est donnée.

## a) Transformation de Laplace :

Définition de la transformation de Laplace :

$$(\mathcal{L}f)(p) = \int_0^{+\infty} f(t)e^{-pt} dt, \text{ où } p \in \mathbb{R}$$

Linéarité. Transformée de Laplace d'une dérivée et d'une primitive.

Effet d'une translation ou d'un changement d'échelle sur la variable.

Effet de la multiplication par  $e^{-at}$ . Transformée de Laplace d'une fonction périodique. Transformée de Laplace des fonctions constantes et des fonctions exponentielles  $t \mapsto e^{at}$ , où  $a \in \mathbb{C}$ . Définition du produit de convolution ; transformée de Laplace d'un produit de convolution (admis). Dérivée d'une transformée de Laplace (admis). Théorèmes de la valeur initiale et de la valeur finale (admis).

## b) Calcul opérationnel :

Approche des notions d'impulsion unité et de fonctions de transfert ; notions de calcul opérationnel.

Par des exemples simples adéquats, on montrera comment l'impulsion unité  $\delta$  peut être considérée comme obtenue par passage à la limite d'une suite  $(f_n)$  de fonctions, et qu'en étudiant la limite de  $\mathcal{L}(f_n)$  on est amené à dire que  $\mathcal{L}(\delta) = 1$ , mais aucune difficulté théorique ne doit être soulevée sur ce point.

En relation avec l'enseignement de l'électronique et de la régulation, on indiquera que les propriétés de la transformation de Laplace s'étendent au cas où  $p$  est complexe, mais cette extension ne fait pas partie du programme de mathématiques. De même on pourra montrer brièvement comment les résultats obtenus s'interprètent à l'aide de la transformation en  $Z$ , mais cet aspect n'est pas au programme de mathématiques.

Les seules connaissances exigibles sur le calcul opérationnel portent sur le cas des fractions rationnelles, combinées avec un facteur de retard éventuel. Sur ces exemples, on pourra mettre en évidence l'importance de la notion de stabilité, mais les critères généraux de stabilité ne sont pas au programme.

## Liste des travaux pratiques.

1° Recherche de la transformée de Laplace d'une fonction donnée ou recherche d'une fonction dont la transformée de Laplace est donnée dans le cas où la fonction est une fonction usuelle indiquée dans le formulaire officiel.

2° Exemples simples de recherche de la transformée de Laplace d'une fonction donnée ou de recherche d'une fonction dont la transformée de Laplace est donnée.

On se limitera au cas où les propriétés citées dans le formulaire officiel permettent de conclure.

## EQUATIONS DIFFERENTIELLES 2

On s'attachera à relier les exemples étudiés avec les enseignements de physique, mécanique et technologie, en faisant saisir l'importance de l'étude de phénomènes continus définis par une loi d'évolution et une condition initiale, et en faisant ressortir la signification et l'importance de certains paramètres ou phénomènes : stabilité, oscillation, amortissement, fréquences propres, résonance, ...

Résolution de l'équation linéaire du premier ordre  
 $a(t)x' + b(t)x = c(t)$ .

Résolution des équations linéaires du second ordre à coefficients constants (réels ou complexes) dont le second membre est une fonction exponentielle polynôme  $e^{at}P(t)$ , où  $a \in \mathbb{C}$ .

On se placera dans le cas où  $a, b, c$  sont trois fonctions continues à valeurs réelles ou complexes et on cherchera les solutions sur intervalle où  $a$  ne s'annule pas.

### Liste des travaux pratiques.

1° Résolution d'équations différentielles linéaires du premier ou du second ordre.

Ces équations différentielles devront être d'un des deux types décrits ci-dessus.

2° Exemples simples de résolution d'équations différentielles non linéaires, du premier ordre à variables séparables.

3° Exemples d'emploi de la transformation de Laplace (ou du calcul opérationnel) pour la résolution des équations différentielles linéaires.

On se limite aux équations à coefficients constants d'ordre peu élevé dont le second membre est une fonction exponentielle polynôme de forme simple.

4° Exemples d'emploi de la transformation de Laplace (ou du calcul opérationnel) pour la résolution de systèmes différentiels linéaires d'ordre 1.

On se limite aux systèmes différentiels à coefficients constants dont les seconds membres sont des fonctions exponentielles polynômes de forme simple.

## FONCTIONS DE DEUX OU TROIS VARIABLES

Les notions de ce chapitre ne peuvent faire l'objet d'aucune épreuve de mathématiques ; elles sont à étudier en coordination étroite avec l'enseignement de la physique, de la mécanique, de la technologie ou de l'économie.

- |   |  |
|---|--|
| a) Calcul de dérivées partielles.<br>Calcul de la dérivée d'une fonction définie par une équation implicite $f(x, y) = 0$ .                 | On donnera aussi la notation différentielle et son interprétation en termes d'effet sur la valeur d'une fonction de petits accroissements des variables. |
| b) Brèves notions sur les différentielles totales et les gradients.   | Ces notions interviennent en particulier en thermodynamique.   |
| c) Exemples très simples de calculs d'intégrales doubles et triples en coordonnées cartésiennes ou cylindriques, éventuellement sphériques. | On admettra tous les résultats utiles.   |

## CALCUL VECTORIEL

- |  |  |
|--|--|
| Consolidation et développement des acquis de terminale concernant le calcul vectoriel : vecteurs (position, vitesse, accélération, force) ; barycentre (centres d'inertie) ; produit scalaire (longueurs, angles, puissance, travail) ; produit vectoriel (aire, angles, moment cinétique et dynamique, moment d'une force en un point). | On soulignera le lien avec les concepts correspondants en sciences physiques et en mécanique, mais aucune connaissance en cinématique ou en dynamique n'est exigible des élèves en mathématiques. En outre, on pourra être amené à donner quelques notions sur les vecteurs glissants et sur les torseurs mais ces points ne sont pas au programme de mathématiques. |
|--|--|

**B.T.S. CONTROLE INDUSTRIEL ET REGULATION AUTOMATIQUE**

Grille d'évaluation des capacités et compétences (à titre indicatif) :

NOM ETABLISSEMENT ANNÉE
-------------------------------

III- TYPE D'ACTIVITE - DATE			

B I L A N
-----------------------

*EVALUATION GENERALE DES CAPACITES ET COMPETENCES*

POSSEDER LES CONNAISSANCES FIGURANT AU PROGRAMME					
UTILISER DES SOURCES D'INFORMATION					
TROUVER UNE STRATEGIE ADAPTEE A UN PROBLEME					
METTRE EN ŒUVRE UNE STRATEGIE					
METTRE EN ŒUVRE DES SAVOIR-FAIRE MATHÉMATIQUES ARGUMENTER ANALYSER LA PERTINENCE D'UN RÉSULTAT					
COMMUNIQUER					
PAR ÉCRIT PAR ORAL					

*EVALUATION PAR MODULES DES CAPACITES ET COMPETENCES*

**Modules**

**TP n°**

Nombres complexes	1				
	2				
	3				
Suites et séries numériques	1				
	2				
	3				
	4				
Calcul différentiel et intégral	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
Séries de Fourier	1				
Transformation de Laplace	1				
	2				
Equations différentielles	1				
	2				
	3				
	4				



## Discipline : Chimie Industrielle

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
-----------	-----------	----	-----	---	---	---	--------------------------

Référentiel de certification

**Description de l'activité observable de l'élève :**  
 verbe d'action suivi de la description de cette action.  
 L'élève est capable de :

Fonction et activité  
 du référentiel d'activités professionnelles  
 ex. : **F1-A1** (Fonction 1 / Activité 1)

Savoir-faire  
**E**xpérimental

Savoir-faire  
**T**héorique

**C**onnaissance

**Précisions :**  
 type de matériel à utiliser,  
 aides à apporter,  
 documentations,  
 nombre de variables,  
 .....

## **PREAMBULE**

Il est souhaitable de confier l'enseignement de la physique et de la chimie industrielles (cours TD – TP) d'une promotion à un professeur unique.

La démarche retenue dans la rénovation du BTS C.I.R.A. fait nécessité d'enseigner la physique et la chimie en liaison avec les préoccupations des autres champs disciplinaires (C.I.R.A.)

Dès lors, la physique et la chimie apparaissent clairement comme des disciplines qui irriguent les autres champs disciplinaires en contribuant à leur compréhension et à leur maîtrise.

La physique et la chimie ne peuvent plus être des entités spécifiques et autonomes mais intégrées dans l'ensemble unique que constitue la formation du technicien supérieur C.I.R.A.

Il revient au professeur de physique et chimie industrielles 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.

Le professeur doit avoir le souci de faire acquérir aux étudiants les qualités propres au raisonnement scientifique : objectivité, esprit d'analyse et de synthèse.

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.

Ainsi en même temps qu'il acquiert des connaissances et des méthodes scientifiques et prévenu des risques professionnels le futur technicien supérieur apprend à en tirer parti pour dominer des situations industrielles et s'adapter à l'évolution rapide des nouvelles technologies.

## STRUCTURE DE L'ATOME ET DES CORPS PURS

8 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Structure de l'atome</b> <b>Configuration électronique :</b>  - structure   - niveaux d'énergie - tableau périodique - spectroscopie  - applications	- décrire la structure d'un atome en utilisant les particules élémentaires : protons, neutrons et électrons. - traduire la structure par l'écriture symbolique ${}^A_Z X$ et réciproquement. - interpréter la notion d'isotopie.   - relier la longueur d'onde d'une raie émise ou absorbée par un atome et les niveaux d'énergie.	  C11   C11	  F1A1   F1A1	  X X  X  X	  X X  X  X	         X	Se limiter aux trois particules : protons neutrons et électrons dans les exigences. On pourra cependant signaler l'existence d'autres particules.         Eviter tout développement excessif sur les nombres quantiques et les orbitales.   Voir spectroscopie moléculaire infrarouge.
<b>Liaisons chimiques :</b>  - cristaux ioniques (les ions) - molécules (liaison covalente) - isomérisie   - notions de spectroscopie moléculaire infrarouge.	- interpréter les propriétés chimiques des éléments à partir du tableau périodique simplifié (huit colonnes). - écrire les formules développées d'isomères dans le cas des alcanes.	C11  C11	F1A1  F1A1 F3A1	X  X	X  X	X	Ne pas étudier dans cette partie la distinction entre liaison de type $\sigma$ et liaison de type $\pi$ . Utiliser des exemples choisis en chimie organique pour illustrer l'étude des composés covalents. Ne pas développer l'isomérisie Z et E.   Cette partie doit être une préparation au cours sur les analyseurs industriels. Il n'est pas nécessaire ici de traiter la loi de Beer Lambert mais il serait bon d'étudier en T-P (si possible) des exemples de spectres.

## EQUILIBRES CHIMIQUES

8 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Concept d'équilibre chimique</b> - notion d'équilibre dynamique - atteinte de l'équilibre	- décrire l'évolution d'un système vers un état d'équilibre.	C11	F1A1	X			Ne traiter que le cas de l'équilibre unique (il n'y a pas de réactions simultanées). Il convient de ne pas traiter cette notion à partir de grandeurs telle que l'affinité ou l'enthalpie libre.
<b>Loi d'action de masse (relation de Guldberg et Waage)</b> - constante d'équilibre - gaz parfaits - solution diluée	- expliciter la constante d'un équilibre quelconque, soit en fonction des pressions partielles, soit en fonction des concentrations. - mettre en œuvre un tableau récapitulatif des nombres de moles des différents constituants (état initial puis état d'équilibre) pour calculer une constante.	C11	F1A1	X	X		On se contente de donner l'expression de la constante d'équilibre en utilisant les pressions partielles pour les gaz supposés parfaits et les concentrations pour les solutions diluées. Toutefois il serait utile d'introduire la notion d'activité $a_i = p_i / p^0$ (pour un gaz parfait) et $a_i = c_i / c^0$ (pour une solution diluée) qui est un nombre sans dimension pour expliquer pourquoi la valeur numérique d'une constante d'équilibre peut être donnée sans unité.  Comme $p^0 = 1 \text{ bar}$ et $c^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ , pour harmoniser les valeurs numériques les pressions seront exprimées en bars et les concentrations en $\text{mol.L}^{-1}$ Pour les solides $a_i = 1$
<b>Déplacement d'un équilibre :</b> - loi générale de Le Chatelier - variation de la température - variation de la pression - variation de la composition	- traduire d'un point de vue qualitatif l'influence de la variation d'un paramètre sur le sens d'évolution de l'équilibre chimique. - rechercher les conditions expérimentales nécessaires pour obtenir un bon rendement dans le cas d'une réaction équilibrée.	C11	F1A1	X	X		Pour l'étude de l'influence de la température on pourra utiliser la loi de Van't Hoff, mais aucun calcul ne pourra être demandé sur cette loi.  Dans l'étude de la variation de la composition ne pas traiter les cas "mathématiques" comme l'addition de diazote dans la synthèse de l'ammoniac.
<b>Règle des phases :</b> - notion de phase - variance - énoncé de la loi de Gibbs	- interpréter la valeur de la variance trouvée par application de la loi de Gibbs.	C11	F1A1	X	X		Ici encore on se limite au cas de l'équilibre unique.

## ACIDES ET BASES EN SOLUTION AQUEUSE

9 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>La molécule d'eau :</b> - molécule polaire - pouvoir dissolvant et hydratation des ions dissous - dissociation (autoprotolyse) - produit ionique	- exploiter la dissociation de l'eau comme un cas particulier d'équilibre chimique pour définir le produit ionique et étudier l'influence de la température.	C11	F1A1	X	X		La notation utilisée pourra par la suite se limiter à $H^+_{aq}$ par simplification au lieu de $H_3O^+$ .
<b>Notion de pH d'une solution aqueuse :</b> - définition - solutions acides et basiques  - mesure  - acides et bases forts dans l'eau	- établir le lien entre le pH et l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse. - déduire du pH la concentration en ions $H_3O^+$ et $OH^-$ et inversement. - expliquer le principe d'une mesure (sans entrer dans le détail du fonctionnement des électrodes). - mettre en œuvre le matériel nécessaire. - respecter les règles de sécurité. - toxicité des produits. - rejet des solutions utilisées. - interpréter le lien entre le pH et la concentration de la solution.	C11	F1A1	X	X		Préciser les limites de validité de la formule utilisée.  Dans la mesure du possible il convient d'associer un capteur de température à toute mesure du pH. Chaque fois qu'il est nécessaire, insister sur la toxicité des produits, l'exothermicité de certaines dissolutions et prévoir un dispositif de collecte des déchets. Mettre en évidence l'influence de la dilution à l'occasion d'un T-P.
<b>Couple acide/base :</b> - définition de Brønsted des acides et des bases - acides et bases faibles dans l'eau - couple acide/base - couples de l'eau - autres couples - constante d'acidité $K_a$ et $pK_a$ - domaines de prédominance - échelle des $pK_a$ : classification	- définir un acide et une base selon Brønsted. - interpréter la différence de comportement des acides et bases faibles par rapport aux acides et bases forts. - appliquer les connaissances sur les équilibres chimiques. - calculer le pH d'une solution et le $pK_a$ d'un couple (monoacide ou monobase en solution aqueuse). - interpréter le changement de couleur d'un indicateur.	C11	F1A1	X	X	X	Mentionner le cas particulier de l'hydroxyde de sodium. Mettre en évidence la différence de comportement à l'occasion d'un T-P. Ne pas surcharger avec un développement sur la constante de basicité $K_b$ , la seule exigence étant la connaissance et l'utilisation de $K_a$ . Insister sur l'obtention de formules simplifiées en justifiant les approximations.

## ACIDES ET BASES EN SOLUTION AQUEUSE (suite)

6 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<p><b>Les réactions acido-basiques : application aux dosages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- constante de la réaction</li> <li>- réaction acide fort-base forte</li> <li>- réaction acide faible-base forte</li> <li>- réaction base faible-acide fort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser la classification des couples pour calculer la constante de la réaction et en déduire le caractère avancé ou non de la réaction.</li> <li>- interpréter et exploiter une courbe de dosage obtenue par pH-métrie (allure, équivalence, demi-équivalence).</li> <li>- choisir un indicateur coloré adapté.</li> <li>- utiliser les résultats d'un dosage pour évaluer les risques pour l'homme et l'environnement (rejets).</li> </ul>	<p>C11</p> <p>C11</p> <p>C11 C61 C63 C64</p>	<p>F1A1</p> <p>F1A1</p> <p>F3A1 F6A1</p>	<p>X</p> <p></p> <p>X</p>	<p>X</p> <p></p> <p></p>	<p></p> <p>X</p> <p>X</p>	<p>Se limiter aux monoacides et monobases dans cette partie.</p> <p>Insister sur l'exothermicité des réactions et les risques induits.</p> <p>L'effet tampon sera mis en évidence lors des T-P, mais aucun calcul ne sera fait sur le pouvoir tampon.</p> <p>Il est recommandé d'introduire quelques notions sur la régulation de pH dans l'industrie, en particulier en ce qui concerne les rejets.</p>

## SOLUBILITE ET PRECIPITATION

3 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Dans l'eau pure :</b> - solubilité - équilibre entre le solide et les ions - constante de solubilité $K_s$ ou produit de solubilité et $pK_s$ - influence de la température	- appliquer les connaissances sur les équilibres chimiques. - déduire de la solubilité la valeur de $K_s$ et réciproquement.	C11 C11	F1A1 F1A1	X	X X		La détermination expérimentale de $K_s$ sera abordée dans des chapitres ultérieurs.  N'aborder que l'aspect qualitatif de l'influence de la température.
<b>Dans une solution :</b> - cas d'une réaction unique	- prévoir la formation éventuelle d'un précipité lors du mélange de deux solutions et utiliser ce résultat à la prévention de l'obstruction d'une canalisation.	C11 C61 C62	F1A1 F6A1		X		

## CONDUCTIBILITE DES ELECTROLYTES

5 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Conduction dans les électrolytes</b>  - solutions électrolytiques - porteurs de charge	- expliquer le mécanisme du passage du courant dans un électrolyte (nature, mouvement et mobilité des porteurs de charge).	C11	F1A1	X	X		Seul l'aspect qualitatif sera développé (éviter par exemple la loi de Stokes).
<b>Conductivité des électrolytes :</b>  - conductivité d'une solution : - différents facteurs - additivité des conductivités ioniques  - conductivité molaire d'une solution - conductivité molaire limite (à dilution infinie) ; additivité des conductivités molaires ioniques	- connaître et expliquer qualitativement le rôle des différents facteurs intervenant sur la conductivité. - prévoir l'évolution de la conductivité d'une solution au cours d'une réaction chimique.	C11	F1A1	X  X	X  X		On pourra partir, sans la démontrer, de la formule $\chi = \sum_i c_i \mu_i z_i F$ en explicitant les différents termes.  Insister sur l'unité de concentration ( $\text{mol.m}^{-3}$ ) utilisée dans les calculs liés à la conductivité molaire. Les courbes d'évolution de la conductivité molaire en fonction de $\sqrt{c}$ (électrolytes forts et faibles) ne doivent être qu'un outil pour introduire la notion de conductivité molaire à dilution infinie et ne pourront donner lieu à un exercice à l'examen.
<b>Mesures de conductivités et applications :</b>  - appareillage utilisé - différentes mesures (voir commentaires)  - contrôle industriel d'une unité de déminéralisation	- expliquer le principe d'une mesure. - mettre en œuvre le matériel nécessaire. - utiliser les notions de conductance, conductivité, conductivité molaire ionique pour exploiter les résultats de mesures.	C13 C13	F3A1 F2A2	X		X X	Pour les différentes mesures on pourra : - comparer la conductivité de l'eau du robinet et celle de l'eau distillée. - réaliser un ou plusieurs dosages : + dosage acido-basique + dosage des ions sulfates - suivre l'évolution cinétique d'une réaction. - déterminer un produit de solubilité.



## COMPOSITION ET TRAITEMENT DES EAUX

6 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<p><b>Eau à usage industriel : composition</b></p> <p>- composition avant traitement : étude générale</p> <p>- phénomènes, dépendant de la composition, pouvant intervenir en cours d'utilisation</p> <p>- grandeurs caractéristiques : - titre hydrotimétrique ou dureté (TH)</p> <p>- titre alcalin ou alcalinité (TA et TAC)</p>	<p>- expliquer le mécanisme de l'entartrage par rupture de l'équilibre carbonique.</p> <p>- préciser les inconvénients et les risques de l'entartrage.</p> <p>- nommer les facteurs favorisant la corrosion.</p> <p>- savoir expliquer l'origine et les inconvénients du primage.</p> <p>- faire la distinction entre dureté totale, permanente et temporaire.</p> <p>- effectuer des conversions pour exprimer la dureté de différentes manières (en degré ou meq.L<sup>-1</sup>) à partir de la concentration de Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> en mol.L<sup>-1</sup> (les relations seront données).</p> <p>- déterminer le TA et le TAC (en degré ou en meq.L<sup>-1</sup>) à partir d'une courbe de dosage pHmétrique.</p>	<p>C11</p> <p>C11</p> <p>C61</p> <p>C11</p> <p>C11</p> <p>C11</p> <p>C11</p>	<p>F1A1</p> <p>F1A1</p> <p>F6A1</p> <p>F1A1</p> <p>F1A1</p> <p>F1A1</p> <p>F1A1</p>	<p></p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p>	<p></p> <p>X</p> <p></p> <p>X</p> <p></p> <p>X</p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p>X</p> <p>X</p> <p></p> <p>X</p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p>Le degré utilisé est le degré français. Une mesure de dureté sera effectuée par dosage complexométrique avec l'EDTA, mais la connaissance de l'équation et le principe de l'indicateur utilisé ne sont pas exigibles à l'examen.</p> <p>L'étude de l'alcalinité nécessite un complément sur les couples acide/base concernant les diacides comme CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, les dibases comme CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> et les ions amphotères comme HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.</p>
<p><b>Eau à usage industriel : traitements</b></p> <p>- résines échangeuses d'ions : - nature - mécanisme d'échange - régénération</p> <p>- techniques d'adoucissement</p> <p>- techniques de déminéralisation - résines et membranes</p>	<p>- décrire qualitativement l'échange d'ions charge pour charge, justifier la nécessité d'une régénération ainsi que la nature du liquide de régénération (donc les précautions éventuelles à prendre) dans le cas : - d'un adoucissement par résines. - d'une déminéralisation par résines.</p>	<p>C11</p> <p>C61</p> <p>C62</p> <p>C63</p>	<p>F1A1</p> <p>F6A1</p>	<p>X</p> <p></p>	<p>X</p> <p></p>	<p></p> <p></p>	<p>- Ne pas entrer dans le détail de la constitution chimique des résines.</p> <p>- Aborder uniquement la déminéralisation par lits successifs.</p> <p>- Pour les procédés de séparation par membrane ne traiter qu'une ou deux techniques.</p>

## LES TECHNIQUES CHROMATOGRAPHIQUES

4 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Les différentes techniques chromatographiques</b>							Le professeur signalera les techniques les plus courantes : CPG, CCM, HPLC, mais ne pourra toutes les développer. C'est pourquoi les exigences à l'examen porteront uniquement sur la chromatographie en phase gazeuse.
<b>Principes physiques de séparation</b>	- expliquer qualitativement les possibilités de séparation des différents constituants d'un mélange de gaz.	C11	F3A1 F1A1	X			
	- définir les termes : phase fixe ou stationnaire, phase mobile, gaz vecteur.	C11	F3A1 F1A1	X			
<b>Chromatographe en phase gazeuse</b>	- donner le rôle des principales parties de l'appareil : - injecteur - four + colonne(s) - détecteur	C11	F3A1 F1A1	X			Il n'est pas question d'étudier le principe des différents détecteurs.
<b>Influence des différents paramètres</b>	- interpréter à partir de différents chromatogrammes l'influence de la température du four ainsi que l'influence du débit du gaz vecteur sur la qualité de la séparation.	C11	F3A1 F1A1	X	X	X	Il est souhaitable que cette partie soit étudiée au cours de TP.

# THERMOCHIMIE

5 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Chaleurs de réaction <math>Q_v</math> et <math>Q_p</math></b>  - définitions et relation  - mesures  - calculs : - état standard - enthalpie standard de formation - loi de Hess	- appliquer le premier principe de la thermodynamique pour retrouver ces résultats. - faire le lien entre le signe de ces grandeurs et le caractère exo ou endothermique des réactions. (influence sur la conduite des réacteurs industriels).  - calculer l'enthalpie standard ( $\Delta H^0$ ) d'une réaction chimique soit à partir des enthalpies standard de formation ( $H_f^0$ ) soit à partir d'une combinaison linéaire d'autres équations chimiques.	C11	F1A1		X		Insister sur le fait que la température doit être la même dans l'état initial et l'état final. On signalera l'influence de la température sur ces grandeurs (sans développer la formule de Kirchoff), mais en précisant que dans les applications du programme on pourra négliger ces variations pour un faible écart de température.  Indiquer le caractère limité et délicat de la mesure directe d'où la nécessité d'une méthode de calcul.  On se limitera au calcul de $\Delta H^0$ . Prendre la pression standard $P^0 = 1\text{bar} = 10^5 \text{ Pa}$ même si les tables correspondent encore souvent à une atmosphère. Comme la plupart des données sont à 298 K, les calculs seront effectués à cette température en précisant bien que cet état est souvent hypothétique. (cas de la vapeur d'eau par exemple). Eviter les calculs à partir des énergies de liaisons.
		C11	F1A1		X		
		C61	F6A1				
<b>Différents types de combustion</b>  - théorique ou stœchiométrique - avec manque d'air - avec excès d'air - contrôle de la combustion - diagramme d'Ostwald	- écrire l'équation bilan d'une combustion théorique. - expliquer la nécessité d'un excès d'air dans une combustion industrielle. - justifier la nécessité d'un contrôle de l'excès d'air (en réalité $O_2$ ) dans les fumées. - décrire les inconvénients d'un manque d'air ou d'un trop grand excès d'air du point de vue : - économique - pollution - risque d'explosion.	C11	F1A1		X		Dans l'industrie : - une combustion stœchiométrique est dite neutre. - une combustion est totale quand il ne reste plus de combustible.  L'appareillage utilisé pour le contrôle de l'excès d'air sera étudié dans le cours d'analyseurs industriels.  Le diagramme d'Ostwald fera l'objet d'une étude qualitative.
		C11	F1A1	X			
		C11	F3A1	X			
		C11	F1A1	X			
		C61 C62 C63	F6A1 F6A1				

**THERMOCHIMIE**  
(suite)

**5 %  
environ**

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Les combustibles industriels</b>							
- principaux gaz combustibles	- reconnaître dans un mélange les gaz combustibles. - expliquer la nécessité d'enrichir certains gaz industriels (gaz pauvres).	C11 C11	F1A1 F1A1	X X			<p>Dans cette étude on se limitera pour les exigences à l'examen aux combustibles gazeux purs ou mélangés avec d'autres gaz combustibles ou non.</p> <p>Toutefois il serait utile de parler du fioul industriel et de son préchauffage.</p> <p>Profiter de ces paragraphes sur la combustion et les combustibles pour présenter des généralités sur les problèmes d'incendie et d'explosion.</p>
- leurs caractéristiques :							
- pouvoir comburivore - pouvoir fumigène - pouvoir calorifique supérieur P.C.S. - pouvoir calorifique inférieur P.C.I.	- calculer ces différentes caractéristiques, après les avoir définies, dans le cas de combustibles gazeux purs ou mélangés.	C11	F1A1	X	X		

## REACTIONS NUCLEAIRES

8 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Le noyau :</b> - composition - défaut de masse - relation d'Einstein - énergie de liaison par nucléon	- calculer l'énergie correspondant à une variation de masse dans le système S.I. mais aussi avec les autres unités usuelles à condition que les correspondances soient données.	C11	F1A1		X		On se limitera à la structure fondamentale simple : protons et neutrons.
<b>Les réactions nucléaires :</b>  <b>- spontanées</b> - les caractéristiques des désintégrations radioactives - les différents types de radioactivité ( $\alpha$ , $\beta^-$ , $\beta^+$ ) - le rayonnement $\gamma$  <b>- provoquées</b> - transmutation - obtention de radio-isotopes - fusion nucléaire - fission nucléaire	- appliquer les lois d'évolution au cours du temps aux calculs de la masse, du nombre de noyaux, de l'activité... - écrire une équation de transformation radioactive en connaissant la particule émise et en expliquant les règles utilisées. - relier la longueur d'onde du rayonnement $\gamma$ à l'énergie associée.  - écrire une équation de réaction provoquée en expliquant les règles utilisées. - calculer l'énergie libérée par une réaction de fission ou de fusion.	C11 C11 C11	F1A1 F1A1 F1A1	X X	X X	X X	L'existence du neutrino et de l'anti-neutrino pourra être évoquée. On donnera les principales caractéristiques des particules émises. Ne pas effectuer de calculs faisant intervenir l'énergie cinétique des particules.  Il est conseillé de décrire simplement le principe d'une centrale nucléaire.
<b>Les rayonnements :</b>  - effets sur les êtres vivants - radioprotection  - applications : - médicales - datation - industrielles	- appliquer ces connaissances à la radioprotection.  - effectuer un calcul de datation.	C61 C62  C11	F6A1  F1A1	X	X		Distinguer irradiation et contamination. Introduire les unités S.I. et usuelles de dose, d'équivalent de dose... Utiliser le C.R.A.B. pour mettre en évidence la loi de la distance (loi du "carré") et l'absorption des rayonnements par des écrans. On pourra évoquer des principes de capteurs de rayonnement et leurs utilisations.

## ELECTROCHIMIE : OXYDOREDUCTION

8 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Couple oxydant/réducteur :</b> - définition d'un oxydant et d'un réducteur - couple oxydant/réducteur - réaction d'oxydoréduction	- écrire la demi-équation relative à un couple. - savoir reconnaître dans une oxydoréduction la réaction d'oxydation et la réaction de réduction.	C11 C11	F1A1 F1A1		X X		Dans le cas où il y a intervention du solvant on se limitera aux réactions en milieu acide.
<b>Potentiels standards</b> <b>Classification des couples</b> - pile - potentiel d'électrode - électrode standard à hydrogène - potentiel d'électrode standard - classification - variation des potentiels : loi de Nernst	- justifier l'existence d'un pont électrolytique ou pont salin. - décrire l'électrode standard à hydrogène.  - calculer des potentiels d'électrode.	C11 C11  C11	F1A1 F1A1  F1A1	X  X	X  X	X  X	Dans tout ce chapitre (sauf la corrosion) il sera bon de faire un rapprochement avec les couples acide/base, leur classification, les réactions acido-basiques et les courbes de titrage.
<b>Applications des potentiels :</b> - prévision d'une réaction - constante de réaction  - fonctionnement d'une pile - pile de concentration	- prévoir une réaction d'oxydoréduction à partir des potentiels et écrire l'équation à l'aide des demi-équations des couples. - étudier le fonctionnement d'une pile. - utiliser une pile de concentration pour déterminer la constante de solubilité d'un électrolyte peu soluble.		F1A1		X  X	X  X	
<b>Applications :</b> - titrage par précipitation - titrage d'oxydoréduction	- utiliser les mesures (tableau ou courbe) pour calculer des concentrations.		F1A1		X	X	La détermination d'une constante de solubilité ou de potentiels standards à partir des mesures du titrage pourra se faire en T-P ou dans un exercice mais n'est pas exigible à l'examen.
<b>Conséquence : la corrosion des métaux</b>  <b>Brûlures chimiques</b>	- appliquer ces connaissances à la protection contre la corrosion.	C61 C62	F6A1		X		On présentera les problèmes de la corrosion électrochimique en signalant les facteurs aggravants et en expliquant les méthodes de protection.  Noter que le caractère oxydant de certains produits chimiques entraîne la corrosion des tissus vivants.

## CINETIQUE CHIMIQUE

6 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Vitesse d'une réaction :</b>  - définition - détermination graphique	- en appliquant la définition de la vitesse, réaliser une détermination graphique de celle-ci.	C11	F1A1		X	X	
<b>Facteurs cinétiques</b>	- connaître l'influence qualitative de la température pour prévenir les risques d'emballement d'une réaction.	C61 C62 C63	F6A1	X			L'influence de la température ne sera étudiée que de manière qualitative (éviter les développements sur l'énergie d'activation).
<b>Ordre d'une réaction</b>  - définition - constante de vitesse - temps de demi-réaction	- définir l'ordre d'une réaction par rapport à un réactif, établir la relation entre la concentration et le temps dans le cas d'une réaction du premier ou du deuxième ordre, vérifier graphiquement la relation obtenue à partir d'un tableau de mesures.  - déterminer graphiquement ou par le calcul le temps de demi-réaction.	C11	F1A1	X	X	X	Cette étude s'accompagne de mesures effectuées en T-P. On réalisera par exemple l'étude cinétique d'une réaction d'oxydoréduction ou d'une réaction de saponification.
<b>Catalyse</b>	- donner le rôle et les propriétés d'un catalyseur.	C11	F1A1	X			L'étude des mécanismes réactionnels n'est pas au programme mais on pourra écrire un ou deux mécanismes simples.

## CHIMIE MINERALE INDUSTRIELLE

2 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Etude de la synthèse de l'ammoniac</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire les différentes étapes.</li> <li>- pour chaque étape utiliser et appliquer les connaissances acquises précédemment.</li> </ul>	C11	F1A1	X X	X X		<p>Le professeur s'appuie sur le schéma réel de l'installation pour étudier les différentes étapes, les bilans réactionnels, les méthodes d'analyse et de contrôle (fonctionnement et sécurité), les procédés physiques entrant en jeu et les risques liés aux produits, au procédé et au matériel.</p> <p>D'autres synthèses pourront être étudiées, en plus, selon les sites chimiques régionaux.</p>

## CHIMIE ORGANIQUE INDUSTRIELLE

5 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Nomenclature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser les règles de nomenclature des hydrocarbures.</li> <li>- connaître les groupements fonctionnels acide et alcool.</li> </ul>	C11	F1A1	X			On introduit quelques notions fondamentales de nomenclature.
<b>Propriétés chimiques et réactions industrielles des alcanes, alcènes et aromatiques.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- écrire les équations des réactions de substitution et d'addition.</li> </ul>	C11	F1A1	X	X		<p>On pourra aller plus loin que les exigences à l'examen pour des besoins particuliers, mais en se limitant aux composés possédant une seule fonction.</p> <p>On rattache les propriétés chimiques à la structure des molécules.</p> <p>On peut traiter les réactions industrielles les plus importantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- alcanes : craquage, isomérisation, substitution</li> <li>- alcènes : addition</li> <li>- aromatiques : substitution et addition.</li> </ul>



## TRAITEMENT DES PETROLES ET PETROCHIMIE

3 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Traitements du pétrole :</b> - désulfuration - distillation atmosphérique - distillation sous vide  <b>Traitements des coupes :</b> - craquage, reformage - débouchés	- expliquer la nécessité de ces traitements.  - définir des termes spécifiques : craquage, reformage, isomérisation.	C11	F1A1	X			L'objectif est de donner une vue globale des traitements permettant la transformation d'un pétrole brut en produits commerciaux et en produits de synthèse pour la pétrochimie.
		C11	F1A1	X			

## LES MATIERES PLASTIQUES

2 %  
environ

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Réactions de polymérisation et de polycondensation</b>	- définir les termes : polymérisation et polycondensation	C11	F1A1	X			On donnera quelques notions sur les matières plastiques. On traitera quelques exemples industriels de réaction de polymérisation et polycondensation. On n'exigera pas l'écriture des équations de réaction.

**PREVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS  
ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

**3 %  
environ**

Cet enseignement doit être le moins possible dissocié des enseignements dispensés dans les disciplines techniques. Les enseignements de physique et de chimie industrielles sont particulièrement propices à la sensibilisation aux problèmes de prévention des risques et à l'apprentissage des règles élémentaires. Les rappels de prévention des risques professionnels et de protection de l'environnement feront utilement appel à des exemples industriels.

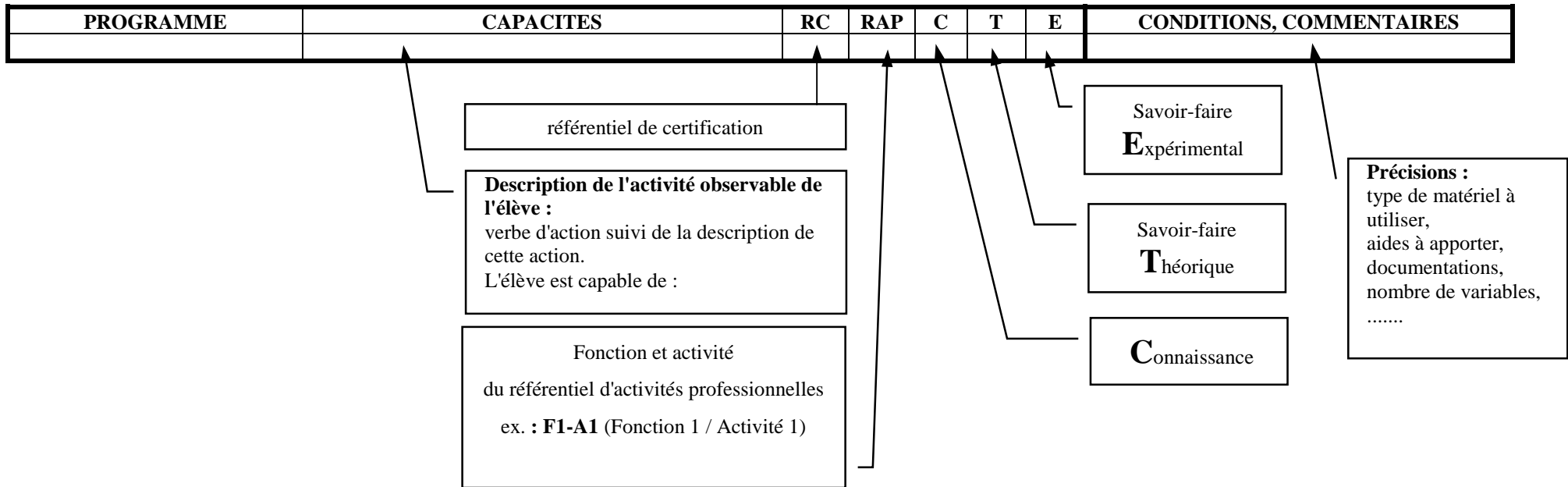
PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Généralités</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- traduire en termes de risque et donc de sécurité, certaines propriétés physiques des corps.</li> <li>- évoquer les risques chimiques dus à la toxicité, à la réactivité de certains corps.</li> <li>- mettre en évidence les problèmes d'inertage ou de protection de l'environnement.</li> <li>- énoncer les risques au point de vue thermique :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- exothermicité,</li> <li>- emballement.</li> </ul> </li> <li>- énoncer les risques d'incendie et d'explosion et les moyens de protection associés.</li> </ul>	C6	F6	X			<p>Exemples : volatilité, tension de vapeur, chaleur de vaporisation, limites d'explosivité, solubilité dans l'eau...</p> <p>On évoquera la réactivité avec les fluides courants tels que l'eau ou l'air ou avec d'autres réactifs particuliers (réactions particulièrement rapides et exothermiques).</p> <p>Fuites, traitement des effluents.</p> <p>Importance du système de refroidissement et de sa fiabilité.</p> <p>On citera notamment le rôle de l'électricité statique dans le transfert de fluides inflammables et de poudres combustibles divisées, ventilation normale et de secours, matériel électrique de sécurité.</p>
<b>Accidents du travail et maladies professionnelles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- préciser les définitions de :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- accident du travail,</li> <li>- maladie professionnelle,</li> <li>- maladie à caractère professionnel.</li> </ul> </li> <li>- recevoir des données qualitatives et quantitatives selon les branches professionnelles.</li> </ul>	C6	F6	X			

**PREVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS  
ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (Suite)**

**4 %  
environ**

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Analyse des risques et stratégie de prévention</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire des méthodes de détection précoce des risques.</li> <li>- décrire des méthodes d'analyse d'accident / incident.</li> <li>- expliquer les règles de choix et de hiérarchie des mesures de prévention (norme européenne EN292).</li> </ul>	C6	F6	X			<p>Méthodes d'analyse à priori : utilisation de check-list, grafcet, analyse fonctionnelle.</p> <p>Méthodes d'analyse à posteriori : utilisation de la méthode de l'arbre des causes, d'un diagramme causes-effets.</p> <p>Prévention intégrée, protection collective, protection individuelle.</p>
<b>Intégration de la sécurité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- préciser les grandes lignes des règles d'intégration de la sécurité au niveau : <ul style="list-style-type: none"> <li>- du poste de travail,</li> <li>- des modes opératoires, des procédures,</li> <li>- de la mise en œuvre des moyens de production,</li> <li>- d'un dysfonctionnement.</li> </ul> </li> </ul>	C6	F6	X			Evaluation du niveau et des conséquences.
<b>Conduite à tenir en cas d'accident</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- savoir protéger, alerter, secourir.</li> </ul>	C6	F6	X			Règles de comportement, l'acte de secourir ne peut être validé que dans une formation S.S.T. (sauveteur - secouriste du travail).
<b>Ergonomie et conditions de travail</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les tâches à accomplir, composantes de l'activité.</li> <li>- décrire les facteurs influant sur l'activité de travail.</li> <li>- appréhender les effets de l'activité de travail en situation inadaptée des intervenants.</li> <li>- identifier les possibilités et les moyens d'amélioration des conditions de travail</li> </ul>	C6	F6	X			<p>Facteurs liés aux intervenants, à l'environnement, à la production.</p> <p>Aménagement des espaces de travail, organisation, CHSCT...).</p>

## Discipline : Physique Industrielle



## **PREAMBULE**

Il est souhaitable de confier l'enseignement de la Physique et de la Chimie Industrielles (cours TD – TP) d'une promotion à un professeur unique.

La démarche retenue dans la rénovation du BTS C.I.R.A. fait nécessité d'enseigner la Physique et la Chimie en liaison avec les préoccupations des autres champs disciplinaires (C.I.R.A.)

Dès lors, la Physique et la Chimie apparaissent clairement comme des disciplines qui irriguent les autres champs disciplinaires en contribuant à leur compréhension et à leur maîtrise.

La Physique et la Chimie ne peuvent plus être des entités spécifiques et autonomes mais intégrées dans l'ensemble unique que constitue la formation du Technicien Supérieur C.I.R.A.

Il revient au professeur de Physique et Chimie Industrielles 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.

Le professeur doit avoir le souci de faire acquérir aux étudiants les qualités propres au raisonnement scientifique : objectivité, esprit d'analyse et de synthèse.

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.

Ainsi en même temps qu'il acquiert des connaissances et des méthodes scientifiques et prévenu des risques professionnels le futur technicien supérieur apprend à en tirer parti pour dominer des situations industrielles et s'adapter à l'évolution rapide des nouvelles technologies.

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES		
<b>I. Statique des fluides :</b> - Force de pression. Pression en un point d'un fluide. - Gradient de pression. - Relation fondamentale de la statique des fluides. - Applications. - Mesures des pressions. - Notion de tension superficielle.	- Citer et utiliser la relation fondamentale de la statique des fluides. - Identifier pression absolue, pression relative et pression différentielle. - Utiliser les théorèmes de Pascal, d'Archimède. - Appliquer la relation fondamentale de la statique des fluides, tube en U et manomètres.	C11	F1A1	X	X		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><b>10 % environ</b></div> La relation fondamentale sera d'abord présentée sous forme différentielle : $dP = -\rho g dz$ . On définira le coefficient de tension superficielle. Loi de Laplace et loi de Jurin seront étudiées dans des cas simples. Liquides mouillants et non mouillants. On pourra mettre en oeuvre un tensiomètre en <b>T.P.</b>		
		C11	F3A1			X		X	
<b>II. Dynamique des fluides parfaits incompressibles :</b> - Théorème de Bernoulli et applications. - Mesures des débits des liquides. - Théorème d'Euler et applications. - Transfert, stockage des liquides. - Principes élémentaires de pompes centrifuges et volumétriques.	- Citer et utiliser l'équation de continuité en régime permanent. - Définir une charge (hauteur ou/et énergie ou/et pression). - Citer et appliquer le théorème de Bernoulli en tenant compte de ses conditions de validité. - Utiliser les formules des pertes de charge qui sont données. - Déterminer la perte de charge d'un circuit de liquide pour tout circuit ou tout type d'obstacles en utilisant les tableaux, abaques ou logiciels existants. - Appliquer : ➤ à la sonde de Pitôt ➤ au Venturi - Calculer les vitesses et les débits à partir de ces appareils. - Calculer la durée de vidange d'un réservoir, dans des géométries simples. - Déterminer les caractéristiques : diamètre, pression interne maximale ou épaisseur d'une conduite ou d'un réservoir en fonction du débit imposé. - Décrire et expliquer le dispositif de transfert par «monte-jus» ou par siphon : - déterminer la pression du gaz permettant de transférer un liquide sous un débit donné. - déterminer le vide nécessaire pour amorcer un siphon.	C11	F1A1	X	X		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><b>14 % environ</b></div> On utilisera en <b>T.P.</b> , en liaison avec le cours d'Instrumentation au moins deux organes de mesure du débit : Venturi, diaphragme, débitmètre à flotteur. Toujours en <b>T.P.</b> , on réalisera : - la mesure d'une durée de vidange. - des mesures de pertes de charge. On précisera les problèmes de sécurité liés à l'éclatement. Les problèmes de projection seront posés.		
		C11	F1A1 A2A3 F3A1 A2A3	X	X			X	
		C11	F1A1 A2			X		X	
		C11	F3A1 A2					X	
								X	X
								X	X
		C11	F1A1 A2A3 F3A1 A2 F6A1			X			
		C61 C62		X	X				
								X	
								X	



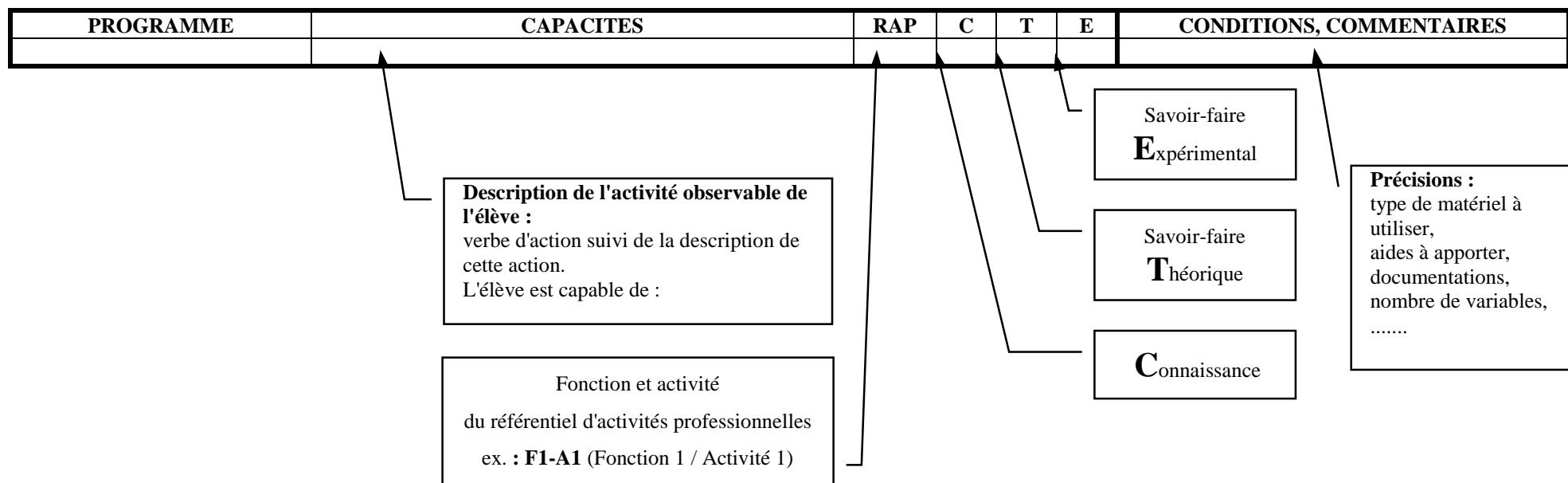
PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>IV. Thermométrie :</b> - Définition de la température, échelle internationale, échelles usuelles. - Principe des différents thermomètres.	- Connaître les échelles Celsius et Kelvin et les échelles internationales pratiques des températures.	C11	F1A1	X			<b>5 % environ</b>
<b>V. Gaz réels et parfaits</b>	- Définir la notion de pression. - Préciser la différence entre pression absolue et pression relative. - Citer et utiliser la loi des gaz parfaits : $PV = nRT, PV = mRT, P = \rho RT$ . - Etablir la loi de variation de la masse volumique en fonction de la température. - Expliquer la notion de surpression liée aux problèmes de sécurité.	C11	F1A1	X	X	X	<b>5 % environ</b>
		C61 C62	F6A1	X	X	X	
<b>VI. Transferts de chaleur :</b> - Notions de calorimétrie - Conduction - Convection - Rayonnement - Applications : échangeurs, fours, chaudières.	- Définir les grandeurs suivantes : ➤ capacités thermiques massiques pour les solides, liquides et gaz. ➤ chaleurs latentes de changements d'état. - Etablir un bilan thermique. - Calculer la résistance thermique d'un mur, d'un cylindre, d'une sphère à partir de la loi de Fourier qui est fournie. - Utiliser l'expression: $\Phi = hS\Delta\theta$ pour la convection et la loi de Stefan pour le rayonnement ,qui sont données. - Reconnaître d'après sa forme, son schéma ou son dessin, un échangeur tubulaire à faisceau droit ou à faisceau en U, un échangeur à plaques.  - Ecrire l'équation exprimant le bilan thermique d'un échangeur : ➤ à partir des débits massiques et températures d'entrée et de sortie deux fluides. ➤ en fonction de la surface, du coefficient d'échange thermique et de la variation moyenne de $\Delta\theta$ . En déduire son efficacité thermique ou coefficient de performance (C.O.P.).	C11	F1A1	X			<b>12 % environ</b>
		C11	F1A1 F3A1	X	X	X	
		C11	F1A1 A2 A3 F3A1	X			
		C11	F1A1 A2 A3 F3A1		X		
		C11 C11	F1A1 A2A3 F3A1		X		



PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calculer la surface d'un échangeur connaissant son coefficient total d'échange.</li> <li>- Ecrire le bilan thermique d'une chaudière, d'un four.</li> <li>- Connaître l'importance de l'effet de serre pour l'environnement.</li> <li>- Appliquer à la protection incendies.</li> </ul>	C51 C52 C11  C61 C62	F4A1  F3A1 F6A3  F6A1	  X X	X  X	     X	On appliquera ces résultats aux problèmes tels que l'emballlement thermique, rencontrés lors de la conduite de réactions.
<p><b>VII. Changements d'états :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equilibre entre deux phases d'un corps pur. Variance.</li> <li>- Diagramme P=f(T), chaleurs latentes de transformations, relation de Clapeyron.</li> <li>- Applications.</li> <li>- Equilibre liquide-vapeur.</li> <li>- Vaporisation, évaporation, ébullition.</li> <li>- Réseau d'isothermes d'un fluide en coordonnées de Clapeyron, courbe de saturation.</li> <li>- Energie interne, enthalpie, entropie : définitions et études de leur variation pour un mélange liquide-vapeur.</li> <li>- Introduction aux diagrammes entropiques et de Mollier.</li> <li>- Applications : hygromètres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser la notion de variance, la définition étant donnée.</li> <li>- Représenter les diagrammes d'équilibre (P, T et P, V) et connaître les notions de point triple et de point critique.</li> <li>- Utiliser la relation de Clapeyron qui est donnée.</li> <li>- Identifier la chaleur latente de transformation avec la variation d'enthalpie correspondante en faisant le lien avec le diagramme de Mollier.</li> <li>- Utiliser les diagrammes entropiques et de Mollier.</li> <li>- Maîtriser la relation entre titre en vapeur et volume massique du mélange.</li> <li>- Décrire le fonctionnement de quelques hygromètres les définitions hygrométriques n'étant pas exigées.</li> <li>- Utiliser les diagrammes psychrométriques et de Mollier.</li> </ul>	C11        C11  C61 C62 C11	F1A1        F1A1 A2 A3 F3A1 F6A3 F1A1	X X      X	X    X X  X X	X        X	<p style="text-align: center;"><b>16 % environ</b></p> <p>Les relations et les calculs seront à utiliser en rapport avec les machines thermiques et la partie Instrumentation.</p> <p>On pourra réaliser en <b>T.P.</b> l'étude de la pression de vapeur saturante de l'eau en fonction de la température et introduire les problèmes liés à la surpression.</p> <p>On utilisera les résultats de ces études pour en étudier l'influence sur la pollution atmosphérique.</p>
<p><b>VIII. Introduction aux cycles moteurs et récepteurs :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cycles monophasés moteurs et récepteurs de Carnot.</li> <li>- Cycles diphasés moteurs et récepteurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calculer littéralement et numériquement le rendement thermique d'un cycle moteur et l'efficacité thermique d'un cycle récepteur pour les deux types de cycles monophasés et diphasés.</li> </ul>	C11	F1A1 F3A1	X	X		<p style="text-align: center;"><b>12 % environ</b></p> <p>Le premier principe et le deuxième principe seront étudiés dans le but de pouvoir calculer rendement et efficacité à l'aide notamment des diagrammes entropiques et de Mollier.</p> <p>On étudiera, par exemple, des cycles monophasés de moteurs à essence ou Diésel et des cycles diphasés de Rankine et de Hirn ainsi que des cycles récepteurs tels que les machines frigorifiques.</p> <p>On montrera en <b>T.P.</b> le fonctionnement d'un moteur et/ou d'une pompe à chaleur.</p>

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>IX. Etude des mélanges binaires :</b> - Equilibre liquide-vapeur, loi de Raoult. - Diagrammes isothermes et isobares. - Azéotrope.	- Construire à l'aide de la loi de Raoult qui est donnée les diagrammes isothermes, isobares, titre dans la vapeur en fonction du titre dans le liquide. - Interpréter ces diagrammes (y compris avec azéotrope)	C11	F1A1	X	X		<div style="border: 2px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;"><b>5 % environ</b></div> Cette partie doit être traitée en concertation avec la partie Instrumentation ou l'on pourra approfondir la distillation.
<b>X. Dynamique des fluides compressibles :</b> - Equation de conservation de l'énergie pour les gaz. - Vitesse du son : écoulement supersonique et subsonique. - Applications aux tuyères. - Transferts, stockage des gaz.	- Utiliser l'équation de continuité (en débit-masse), l'équation de conservation de l'énergie avec enthalpies pour la lecture des diagrammes de Mollier. - Déterminer le travail de transvasement pour l'écoulement d'un gaz : cas du compresseur et de la turbine. - Définir qualitativement le mode d'écoulement dans une tuyère convergente et dans une tuyère convergente-divergente. - Apprécier qualitativement la perte de charge d'un circuit de gaz. - Déterminer le débit d'un écoulement gazeux.  - Déterminer le diamètre d'une conduite en fonction du débit. - Déterminer la pression interne maximale ou l'épaisseur d'une conduite ou d'un réservoir.	C11  C11  C11	F1A1  F1A1 F3A1  F1A1 A2 A3 A4 F3A1 F3A2	X  X  X	X  X  X		<div style="border: 2px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;"><b>9 % environ</b></div> Applications aux gaz et à la vapeur. Le théorème d'Hugoniot n'est pas à démontrer, on pourra en utiliser les résultats directement. On montrera que le régime d'écoulement dépend des conditions en amont et de la géométrie de la tuyère. On insistera sur la notion de débit-masse limite.

## Discipline : Physique Appliquée



## PREAMBULE

Les cours, TD et TP d'une section sont confiés à un professeur unique de physique appliquée.

L'enseignement de la physique appliquée apporte entre autre, les connaissances nécessaires à une bonne compréhension des fonctions de l'électronique et de l'électrotechnique mises en jeu pour le contrôle et la régulation.

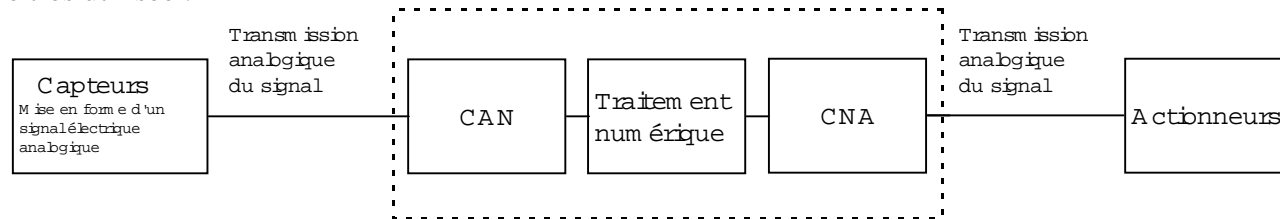
Ce programme doit permettre plus particulièrement :

- de choisir convenablement les matériels et de rechercher une bonne adaptation de ceux-ci compte tenu de la solution souhaitée ;
- de détecter rationnellement tout dysfonctionnement.

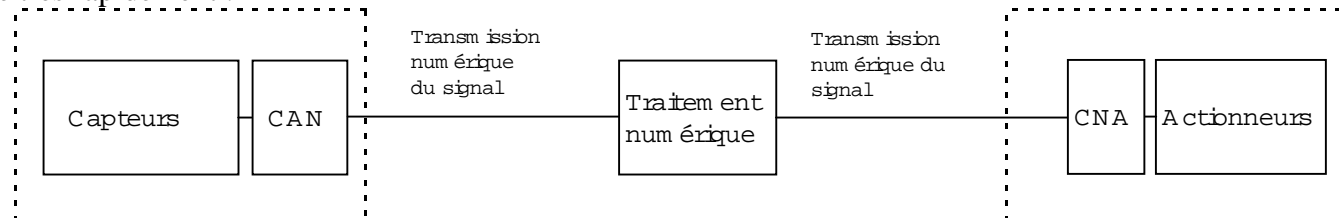
Le programme s'articule sur les systèmes de régulation tels qu'ils existent dans les industries faisant appel au contrôle et à la régulation.

La structure d'un système de traitement de l'information, utilisé en régulation, peut être décrite très schématiquement par les structures suivantes :

- structure actuellement encore très utilisée :



- structure qui se développe très rapidement :



Les fonctions fondamentales étudiées en physique appliquée sont :

- la mise en forme et la transmission de signaux analogiques ;
- le traitement et la transmission de signaux numériques ;
- la commande de puissance des actionneurs.

La conversion de grandeurs physiques en grandeurs électriques est du domaine de l'instrumentation, ce qui nécessite une étroite collaboration entre les professeurs concernés. Le passage d'un signal électrique analogique à un signal électrique numérique (et inversement), le codage électrique d'une information et sa transmission, l'étude des actionneurs électromécaniques sont du domaine de la physique appliquée.

**Présentation générale du programme :**

Chapitre			Pondération horaire
<b>Partie A</b>		<b>Mise en forme et transmission de signaux analogiques</b>	
	A1	Lois générales des circuits électriques	10 %
	A2	Fonctions de l'électronique analogique, transmission de signaux.	15 %
<b>Partie B</b>		<b>Traitement et transmission de signaux numériques</b>	
	B1	Conversions analogique numérique et numérique analogique	10 %
	B2	Traitement numérique du signal	15 %
	B3	Transmission par câble d'un signal numérique	10 %
<b>Partie C</b>		<b>Conversions de l'énergie électrique</b>	
	C1	Distribution d'énergie	10 %
	C1	Convertisseurs statiques	15 %
	C2	Convertisseurs d'énergie	15 %

Le découpage du programme qui est fait n'implique en rien une progression pédagogique. En particulier, il faut veiller à ce que les étudiants reçoivent une formation suffisante en électronique de puissance et en électronique numérique avant le stage.

L'utilisation de l'informatique en physique appliquée doit être aussi systématique que possible en travaux pratiques et dans les expériences de cours. Les différents aspects de l'informatique seront 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, étude de la structure générale d'un système numérique et des algorithmes utilisés...

L'aspect expérimental de la formation doit être privilégié, les cours doivent être illustrés par des expériences, la forme de TP-cours sera souvent utilisée dans les horaires de TP, laissant aux manipulations une place prépondérante. Les sujets d'examens tiendront compte de cette orientation et comporteront des évaluations de compétences acquises au cours des TP. L'évaluation en cours d'année donnera une place non négligeable à l'évaluation de capacités expérimentales au cours des TP.

On s'attachera à l'interprétation de résultats expérimentaux, à la compréhension des phénomènes physiques, à l'analyse de schémas techniques, à la vraisemblance des résultats. On incitera l'élève à réfléchir devant une situation expérimentale pour proposer des solutions afin de résoudre un problème posé. On évitera les calculs trop longs et le formalisme excessif. On limitera les études d'algorithmes à ce qui est utile à la compréhension des traitements numériques mis en jeux.

On recherchera au maximum des exemples concrets dans le matériel technique utilisé dans les autres disciplines. L'enseignement de la physique appliquée doit être en relation permanente avec ce qui se fait en régulation, en instrumentation et en automatismes.

Dans l'étude des matériels, il est important de prendre en compte le fait que le technicien supérieur C.I.R.A. est un utilisateur et non un concepteur.

Les compétences décrites ci-après doivent permettre de valider partiellement l'acquisition des compétences décrites au référentiel d'activités professionnelles du BTS CIRA :

Fonction	Activité	Point plus particulièrement mis en œuvre dans le programme d'électricité appliquée
1	1	5 Respecte les normes
1	2	1 Estime les besoins (matériels, liaisons, borniers...)
1	3	1 Élabore les spécifications du matériel
1	4	Établit les schémas de raccordement des appareils...
2	1	Vérifie la conformité du matériel
2	2	Contrôle le matériel et les raccordements
2	3	Vérifie ou réalise les réglages
2	4	1 Établit et met en œuvre le protocole d'essais 2 Vérifie la continuité des chaînes.
3	1	1 Analyse et comprend le fonctionnement du procédé de fabrication 3 Comprend le fonctionnement des différents éléments
3	3	3 Met à jour la documentation technique 4 Communique les résultats
4	1	1 Recense les informations concernant les dysfonctionnements 2 Interprète ces informations 3 Pose le diagnostic
4	2	2 Préparation des travaux 5 Analyse des risques liés à l'intervention
4	3	3 Réalise ou fait réaliser l'intervention 4 Vérifie la bonne réalisation de l'intervention
6	1	1 Définition des matériels 2 Identification des risques
6	2	1 Interprétation des dysfonctionnements 2 Classement et hiérarchisation en fonction de la gravité estimée
6	5	Prévention des risques

---

## PREREQUIS

---

Le programme de physique appliquée des sections de sciences et techniques de laboratoire (S.T.L.) option physique de laboratoire et de procédés industriels (P.L.P.I.) est un prérequis au programme de physique appliquée du B.T.S. C.I.R.A.

**Toutes les compétences exigibles, en physique appliquée, au baccalauréat S.T.L. P.L.P.I. sont exigibles au B.T.S. C.I.R.A.**

**Les capacités attendues qui suivent reprennent ces compétences lorsqu'il est nécessaire de préciser un niveau d'exigence différent ou lorsqu'il s'agit de souligner leur importance dans le B.T.S. C.I.R.A.**

Selon l'origine des étudiants ces compétences seront à consolider ou à acquérir complètement.

La progression du professeur et l'organisation des cours doivent tenir compte de leurs différentes origines.

Il est plus particulièrement nécessaire d'apporter, en début de première année, un complément de formation aux étudiants ne provenant pas des filières S.T.L. P.L.P.I. ou S.T.I. option génie électronique et génie électrotechnique.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
-----------	-----------	-----	---	---	---	--------------------------

**A.1 LOIS GENERALES DES CIRCUITS ELECTRIQUES :**

**Cette partie doit permettre d'acquérir une boîte à outils pour le reste du cours et de développer une attitude de rigueur scientifique.**

On peut très bien envisager de ne faire aucun cours particulier sur les parties 1.1 à 1.3 et intégrer ou revoir progressivement les connaissances nécessaires à propos de l'étude des autres chapitres du programme.

**10 %  
environ**

A.1.1 Rappels sur les représentations complexes des courants et des tensions sinusoïdales.	Identifier dans une représentation sous forme d'expression temporelle ou d'une représentation sous forme complexe les grandeurs caractéristiques (amplitude, période, fréquence, phase) d'une grandeur sinusoïdale.		X			
Représentation symbolique de Laplace des dipôles élémentaires	Passer d'une expression temporelle d'une tension ou d'une intensité à une représentation de Fresnel, à une représentation complexe, à la représentation symbolique et vice-versa.		X	X	X	Ceci inclut l'utilisation d'un oscilloscope dans toutes ses fonctionnalités.
<b>A.1.2 Théorèmes généraux sur les circuits.</b>	Énoncer et utiliser correctement : - la loi des mailles - la loi des nœuds - les théorèmes de Thévenin et de Norton - la méthode de Millmann - le théorème de superposition des états linéaires.		X	X		Les circuits étudiés ne sont pas imaginés artificiellement mais sont des circuits réellement utilisés comme circuits de base en instrumentation. Exemples : • pont diviseur de tension chargé ou non • pont de Wheatstone en régime déséquilibré • réseau R-2R en intensité. Il est demandé aux étudiants de faire preuve d'autonomie dans le choix de la loi ou du théorème à utiliser et toute méthode donnant le résultat sera considérée comme bonne même si ce n'est pas la plus rapide ou la plus élégante.
Modélisation linéaire d'une portion de circuit électrique.	Utiliser la représentation symbolique pour étudier un circuit.			X		
Dipôles et quadripôles. Modèles de Thévenin et de Norton. Application aux capteurs.	Déterminer le modèle de Thévenin ou le modèle de Norton d'une portion de circuit : - à partir du schéma interne - à partir d'une équation - à partir d'une étude expérimentale en utilisant éventuellement les théorèmes de Thévenin et de Norton.		X	X X X	X	Relevé d'une caractéristique à l'ordinateur ou manuellement. On pourra utilement utiliser un tableur pour établir le modèle et utiliser la méthode des moindres carrés même si cette méthode ne saurait faire l'objet d'une évaluation à l'examen. On soulignera à ce propos la notion de modèle ainsi que ses limites chaque fois que cela est possible.
	Exploiter une caractéristique de transfert d'un quadripôle.			X	X	Éventuellement après son étude expérimentale.



PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
Applications à la transmission de signaux analogiques dans les divers standards de l'industrie utilisés en mesure et instrumentation.	Donner la méthode permettant de réaliser simplement une conversion courant-tension pour une mesure et effectuer les calculs nécessaires.	F1-A2 F1-A4 F2-A1 F2-A2 F2-A3	X	X		Utilisation toute simple d'une résistance avec vérification par le calcul que la puissance dissipée est correcte. Plus généralement on attend du technicien CIRA la compréhension du rôle d'un shunt et une autonomie complète à ce sujet.
	Câbler correctement un transmetteur de mesure "2 fils" et identifier la source d'énergie, le générateur de Norton, la charge.		X	X	X	Un TP cours s'impose sur ce sujet ; on pourra simuler le transmetteur "2 fils" par un Régulateur Intégré de Tension monté en générateur de courant ou un autre montage mettant en évidence les particularités de cette technique. On utilisera un transmetteur d'instrumentation pour vérifier ses caractéristiques électriques.
	Déterminer par le calcul et/ou expérimentalement la charge maximale d'un générateur de Norton.			X	X	Résistance maximale de boucle de mesure calculée à partir des tensions et du standard de transmission utilisé. Application aux boucles de courant.
	Déterminer par le calcul et/ou expérimentalement la charge minimale d'un générateur de Thévenin.  Vérifier les caractéristiques limites statiques en tension et en intensité d'un appareil ou d'un circuit intégré.			X	X	Résistance minimale de charge d'un générateur de Thévenin. Vérification des conditions d'emploi d'un appareil ou d'un circuit intégré dont la notice est fournie. Dans le cas de circuits logiques, on fournira les caractéristiques de la famille employée choisie parmi les familles récentes et réellement utilisées. En TP, on pourra étudier simplement la tension de sortie d'un R.I.T. ou un AOP ou d'un circuit logique chargé par une résistance.
A.1.3 Propriétés des signaux périodiques.	Définir, calculer et mesurer une valeur moyenne.			X	X	Le calcul se fait dans des cas simples, une méthode graphique pouvant parfois suffire.
	Définir, calculer et mesurer une valeur efficace.			X	X	Le calcul se fait dans des cas très simples. Un formulaire mathématique est fourni. Le recours à des logiciels de traitements numériques est également préconisé.
	Exploiter un spectre d'amplitude pour identifier la valeur moyenne et le fondamental d'un signal périodique.			X		
	Calculer la valeur efficace d'une grandeur AC+DC, choisir et utiliser correctement les appareils de mesure (multimètres, oscilloscopes) pour la mesurer.		X	X	X	Pour les multimètres numériques une notice précisant le fonctionnement de l'appareil doit être fournie.
	Définir et calculer la puissance instantanée, la puissance moyenne.		X	X		Le calcul se fait dans des cas très simples un formulaire mathématique étant fourni.
	Calculer des puissances actives, réactives, apparentes en régime sinusoïdal ainsi que le facteur de puissance.		X	X		On exige la connaissance des formules nécessaires.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
A.1.4 Filtrage analogique.  Utilisation de la représentation de Bode.	Etablir la fonction de transfert harmonique d'un filtre de schéma donné, la démarche pouvant être guidée.			X		On se limite strictement aux cas les plus simples : premier ordre et second ordre à identifier à une forme canonique donnée. On souligne l'existence des filtres existant sans composants discrets ; par exemple un condensateur en sortie de dynamo tachymétrique.
	Etablir la fonction de transfert isomorphe d'un filtre.			X		
	Tracer les diagrammes de Bode des amplitudes et des phases à partir de la fonction de transfert présentée sous forme d'un produit de fonctions de transfert du premier ordre (cas de pôles réels).			X		La recherche qui peut en découler des marges de phase et de gain pour un système bouclé peut être traitée en complément du cours de régulation (non exigible à l'examen).
	Exploiter un diagramme de Bode pour identifier un filtre.			X		L'utilisation de logiciels, tableur-grapheur, simulation permet de présenter aussi les autres représentations mais aussi la régulation.
	Donner et appliquer les gabarits correspondant aux filtres idéaux : passe bas, passe haut, passe-bande, réjecteur.		X	X		Les représentations fonctionnelles doivent être connues.
	Prévoir le spectre d'un signal obtenu après un filtrage idéal et comparer avec les résultats obtenus par un filtrage réel.			X	X	On connaît le spectre avant filtrage. En TP, les filtres actifs sont fournis montés. Leurs fonctions de transfert seront calculées dans les cas simples ou fournies. On pourra utiliser des filtres à capacités commutés sans expliciter leur fonctionnement.
	Etablir l'expression de la réponse d'un système du premier ordre à une entrée indicielle et vérifier expérimentalement.			X	X	L'utilisation d'une carte d'acquisition sur ordinateur et l'étude des différents modèles sur un logiciel de traitement numérique (formule et équation aux différences au minimum) par la méthode des moindres carrés s'impose. (La méthode n'est pas une exigence à l'examen).
	Tracer et interpréter le diagramme de Bode d'une fonction de transfert complexe donnée.			X		On insiste sur le filtrage de type passe-bas et on s'appuie sur des exemples simples utilisés en régulation ou en traitement du signal. 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 réponse.
	Prévoir et interpréter la réponse temporelle d'un filtre du premier ordre à un signal «classique» : – impulsion – indice (échelon) – rampe – sinusoïde		X	X	X	Eventuellement après ou pendant une étude expérimentale. L'étude complète des réponses de systèmes du second ordre est du domaine de la régulation et s'il n'est pas exclu de faire un TP illustrant ces réponses en électricité, en concertation avec le professeur de régulation, aucune question ne sera posée à l'examen à ce propos.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
A.1.5 Influence des perturbations électromagnétiques.	Rappeler qu'il existe deux types de champs perturbants : magnétiques et électriques	<b>F2-A1</b> <b>F2-A2</b> <b>F4-A1</b> <b>F6-A2</b>	X			Le couplage des deux champs est évoqué en cours sans faire l'objet d'aucune exigence à l'examen. Des expériences de cours s'imposent pour mettre en évidence ces perturbations.
Notions de compatibilité électromagnétiques.	Indiquer qu'un blindage n'est efficace que s'il est continu et relié à la terre.		X			Mise en évidence avec des expériences de cours.
Blindage BF et HF Filtre secteur.	Faire référence à la boucle de masse qui peut résulter de la connexion du blindage d'un fil aux deux extrémités et de l'influence importante des courants induits par les champs magnétiques variables.		X	X		Mise en évidence de la boucle sur un schéma de deux appareils reliés par un câble de transmission blindé. Des expériences de cours s'imposent à ce propos.
	Rappeler que des normes existent (CE) et qu'il ne faut pas modifier un blindage ou interconnecter des appareils sans les connaissances suffisantes.		X			On insistera sur les fonctionnements aléatoires ou les dysfonctionnements qui peuvent résulter d'une incompétence dans ce domaine. Le contenu des normes n'est pas exigé. On soulignera le rôle des boîtiers métalliques et la nécessité du respect de la conduction électrique entre les diverses parties d'un boîtier.
A.1.6 Instruments de mesure.	Choisir et utiliser correctement un multimètre (A, V, $\Omega$ , dB), un oscilloscope éventuellement numérique, une sonde, une pince ampèremétrique, une pince multifonctions, un générateur BF, une alimentation régulée, un analyseur de spectre, un système d'acquisition, un fréquencemètre, un wattmètre, un phasemètre, un RLCmètre.	<b>F2-A4</b> <b>F4-A2</b> <b>F4-A5</b>	X	X	X	Dans le choix de l'appareil (y compris RMS ou non), des calibres et des réglages on attend une autonomie importante, éventuellement avec l'utilisation de la notice de l'appareil. On s'efforcera d'évaluer ces compétences pendant les TP mais aussi au travers de questions écrites pour tenir compte de la forme de l'examen.
Matériel informatique.	Choisir et utiliser correctement un logiciel adapté au traitement demandé.	<b>F2-A4</b>	X	X	X	Dans les exigences concernant les logiciels on reste modeste, on exige principalement la connaissance des catégories de logiciel : acquisition, tableur, grapheur, traitement de texte, dessin...

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
-----------	-----------	-----	---	---	---	--------------------------

**A.2 FONCTIONS DE L'ELECTRONIQUE ANALOGIQUE, TRANSMISSION DE SIGNAUX SOUS FORME ANALOGIQUE :**

Il s'agit avant tout d'étudier les fonctions essentielles de l'électronique analogique et de quelques circuits de base utilisés en instrumentation.

L'amplificateur opérationnel sera considéré comme idéal à chaque fois que cette approximation se justifie.

On ne perd pas de vue que les régulateurs analogiques ne sont plus fabriqués et que les fréquences utilisées en instrumentation sont très faibles.

Le montage intégrateur reste la base des montages  $\Delta\Sigma$  qui seront effleurés dans l'étude des CNA. Le montage dérivateur n'a plus guère d'intérêt dans le domaine du CIRA en dehors de la génération d'impulsions.

**15 %  
environ**

A.2.1 Fonction amplification : - à référence commune	Définir la fonction amplification. Donner les caractéristiques d'un amplificateur opérationnel idéal.	<b>F3-A1</b>	X			Le mode de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel (linéaire ou non) sera précisé à l'examen pour les montages autres que ceux fondamentaux cités.		
	Déterminer la relation entre la sortie et l'entrée d'un circuit à amplificateur opérationnel dans les cas usuels (amplificateur non inverseur, inverseur, sommateur inverseur, amplificateur de classe B avec push pull à transistors contre réactionné par un AOP) et la vérifier expérimentalement.			X	X		On attend une autonomie complète dans le calcul à réaliser pour ces montages. On n'utilise que les contre-réactions tension-tension et on évite tout développement de la théorie de la contre-réaction. On peut cependant montrer qu'un montage réactionné peut s'appréhender avec une modélisation par schéma bloc sans exigence pour l'examen. En TP, on peut déterminer les limites du modèle de l'AOP idéalisé ou exploiter une documentation technique.	
	Déterminer la relation entre la sortie et les entrées d'un circuit soustracteur avec AOP idéal.			X				
	- de différence			X	X		X	On attend de l'étudiant qu'il sache définir la tension différentielle d'entrée et la tension de mode commun, ainsi que déterminer la dynamique d'entrée d'un amplificateur. On exige la connaissance du mode opératoire.
	- de mode commun		Interpréter la formule générale d'un amplificateur sous la forme $U_S = A_d U_d + A_{MC} U_{MC}$ ; mesurer l'amplification différentielle et l'amplification de mode commun.	X	X		X	En TP, il sera utile de réaliser une étude de l'évolution du taux de mode commun en fonction de la fréquence.
	Définir et/ou calculer et/ou mesurer un taux de réjection de mode commun.		X	X	X			Schéma fourni.
	Calculer et vérifier la fonction de transfert d'un amplificateur d'instrumentation.			X	X			Recherche de ses caractéristiques les plus importantes.
	Interpréter la notice d'un amplificateur d'instrumentation du commerce.			X				Indépendance par rapport à la masse, immunité aux bruits. Influence de la tension de mode commun.
	Donner les intérêts et inconvénients d'une transmission en mode différentiel.		X					Le schéma est fourni.
	Déterminer le potentiel fourni par un montage classique permettant d'obtenir la tension de mode commun d'un amplificateur d'instrumentation.			X				
Énoncer l'intérêt d'un circuit de garde en faisant référence à la compatibilité électromagnétique.	X				Diminution de la tension de mode commun, immunité aux bruits.			

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
A.2.2 Fonctions intégration et dérivation.	Déterminer la relation entre la tension d'entrée et la tension de sortie, et la fonction de transfert d'un intégrateur et/ou d'un dérivateur à amplificateur opérationnel.			X		Le schéma est fourni sous sa forme idéale.
	Vérifier le comportement d'un montage dérivateur et/ou intégrateur.				X	La méthode opératoire est fournie. C'est l'occasion de montrer les défauts de ces montages et les méthodes utilisées pour y pallier.
	Déterminer les fonctions de transfert de correcteurs PI, PD et PID et vérifier leur fonctionnement.			X	X	On ne perd pas de vue que les régulateurs modernes utilisés en régulation sont numériques et qu'il s'agit surtout de retrouver, dans des cas simples, des réponses typiques vues en régulation.
A.2.3 Fonction retard	Définir la fonction de transfert.	X				
	Donner la relation entre retard et déphasage.			X		
A.2.4 Fonction comparaison.	Identifier la fonction compateur à un seuil ou à deux seuils à partir de chronogrammes des tensions d'entrée et de sortie. Reconnaître un montage comparateur à un seuil à AOP et déterminer la tension de sortie connaissant les tensions d'entrées.	X			X	Le schéma est fourni sous sa forme la plus simple et le comparateur utilisé est considéré comme idéal, ses tensions de saturation sont fournies. Des études de comparateurs plus sophistiqués, genre LM311 peuvent être réalisées sans faire l'objet d'exigence à l'examen.
	Déterminer les seuils d'un comparateur à hystérésis basé sur un AOP, vérifier son fonctionnement.			X	X	Le circuit est identifié dans l'énoncé et la démarche nécessaire est finement guidée.
	Tracer la caractéristique de transfert d'un comparateur, repérer le sens de parcours du cyclogramme dans le cas d'un comparateur à hystérésis, et la déterminer expérimentalement.	X	X	X		On fait le parallèle avec la régulation tout ou rien, avec le déclenchement des alarmes. En TP on étudie des montages avec hystérésis non centré.
	Tracer le chronogramme de la sortie d'un comparateur simple ou à hystérésis connaissant les tensions d'entrée.			X	X	
			X			X
A 2.5 Fonction temporisation. Génération de signaux d'horloge	Définir l'état stable et l'état instable d'un circuit monostable.	X			X	
	Déterminer si un monostable est redéclenchable ou pas à partir de chronogrammes éventuellement établis expérimentalement.	X	X	X		On fait le parallèle avec l'utilisation des automates programmables industriels.
	Tracer le chronogramme de la sortie d'une fonction astable ou monostable dont les caractéristiques sont données.			X		On s'intéresse plus à la fonction qu'à la façon dont elle est réalisée.
	Déterminer les durées à partir d'un schéma du montage utilisé et vérifier expérimentalement.			X	X	Le circuit est identifié dans l'énoncé et la démarche nécessaire est guidée finement. L'évolution de la tension aux bornes d'un condensateur en régime indiciel peut-être rappelée. (Circuit à base d'AOP ou de circuit logique ou de circuit spécialisé).

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
A.2.6 Traitement analogique du signal	Analyser et mettre en oeuvre des montages ou des circuits spécialisés utilisés en instrumentation à partir d'une démarche guidée ou d'une documentation.			X	X	On peut présenter l'ensemble des fonctions de bases de la conversion de grandeurs (conversion fréquence-tension, courant-tension, détecteur de crête...) et proposer quelques réalisations technologiques simples à partir de montages à AOP ou de circuits intégrés spécialisés.
	Analyser et mettre en oeuvre des associations de fonctions de l'électronique qui réalisent un conditionnement du signal issu d'un capteur (vu en instrumentation ou en physique), un dispositif de mesures ou une conversion de grandeurs.			X	X	On privilégie largement l'aspect fonctionnel par représentation en schémas-bloc. La démarche doit être guidée et adaptée à la nature du traitement effectué. Les exemples de montages seront issus du domaine du CIRA : régulation de température, asservissement de niveau, de position, de vitesse...

### B.1 CONVERSIONS ANALOGIQUE NUMERIQUE ET NUMERIQUE ANALOGIQUE :

On se place dans des situations réalistes faisant appel aux convertisseurs récents.

Les notions d'incertitude de mesure et de linéarité sont largement à prendre en compte et on détaille les raisons qui poussent à l'usage du numérique.

Les schémas fonctionnels doivent être connus.

**11 %  
environ**

B.1.1 Représentation numérique d'une grandeur : codage	Coder en binaire et en hexadécimal et passer d'une base à l'autre (y compris au décimal).	<b>F1-A3</b> <b>F2-A4</b> <b>F3-A1</b> <b>F4-A1</b>	X	X		On fera des rappels très succincts, cette partie étant étudiée en Automatismes et logique.
	Repérer le bit de poids fort et/ou le bit de poids faible ; donner le poids de chacun des bits dans une représentation binaire.		X	X		
B.1.2 Convertisseur numérique analogique (CNA)	Définir un convertisseur numérique analogique idéal et donner sa caractéristique de transfert (partielle).		X			
	Déterminer la tension de sortie d'un CNA.			X	X	On connaît le nombre de bits et : - soit le décalage et la résolution (ou pas de quantification) - soit les valeurs extrêmes.
	Déterminer la résolution d'un CNA.			X	X	On insiste sur l'incertitude qui en résulte pour la création des signaux.
	Tracer la caractéristique de transfert d'un CNA.		X	X	X	Partielle.
CNA à résistance pondérée	Déterminer l'expression donnant la tension de sortie du CNA en fonction de l'état logique des entrées et de la tension de référence et/ou la vérifier expérimentalement.		X	X	En fait il s'agit du montage sommateur-inverseur et du codage en bit de la position d'un interrupteur. On limite ce cas d'école à 4 bits.	

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES	
CNA à réseau R-2R	Déterminer l'expression donnant la tension de sortie du CNA en fonction de l'état logique des entrées et de la tension de référence et la vérifier expérimentalement.			X	X	On utilise uniquement le réseau dans son montage en diviseur de courant avec AOP de conversion intensité-tension en sortie (c'est le seul utilisé, avec diverses variantes, par les circuits intégrés). On n'exclut pas le montage avec décalage du zéro, éventuellement bipolaire. En TP, il est judicieux d'utiliser une maquette de CNA pilotée par la prise parallèle d'un ordinateur.	
	Interpréter la notice d'un CNA et vérifier expérimentalement.	X	X	X	X	A partir d'une notice (ou d'un extrait) il s'agit de déterminer les performances attendues par le circuit utilisé ce qui implique que l'étudiant ait des connaissances sur les qualités générales d'un CNA.	
B.1.3 Convertisseur analogique numérique (CAN)	Définir un convertisseur analogique numérique idéal et donner sa caractéristique de transfert (partielle).	X					
	Déterminer le nombre en sortie de CAN.			X		On connaît le nombre de bits et : - soit le décalage et la résolution (ou pas de quantification) - soit les valeurs extrêmes. Le résultat peut être demandé en décimal, en binaire et/ou en hexadécimal.	
	Déterminer la résolution d'un CAN par le calcul et/ou expérimentalement.			X	X	On insiste sur l'incertitude qui en résulte pour la mesure en étendant le calcul au cas d'un appareil de mesure numérique dont la notice est fournie.	
	Tracer la caractéristique d'un CAN.	X	X	X	X	Partielle.	
	CAN à rampe analogique ou à rampe numérique	Expliquer le fonctionnement d'un CAN dont le schéma est donné à partir d'une démarche guidée.	X	X			L'étude des blocs de commande n'est pas au programme. On se limite à ce type d'exemple.
	Interpréter la notice d'un CAN et vérifier expérimentalement.	X	X	X	X	A partir d'une notice (ou d'un extrait) il s'agit de déterminer les performances attendues par le circuit utilisé ce qui implique que l'étudiant ait des connaissances sur les qualités générales des CAN. On peut aussi comparer des performances de plusieurs circuits intégrés (résolution, rapidité, linéarité, fidélité, offset).	
B.1.4 Echantillonneur-bloqueur	Définir le rôle d'un échantillonneur bloqueur et définir : échantillon, maintien (ou blocage).	X					
	Expliquer le fonctionnement d'un échantillonneur bloqueur à partir du schéma d'une réalisation.			X	X	Démarche guidée sur un échantillonneur bloqueur à structure simple.	

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
B 1.5 Théorème de Shannon	Énoncer le théorème de Shannon.		X			Aucune démonstration n'est exigible à l'examen. On insiste sur son importance fondamentale dans l'acquisition de signaux.
	Calculer la fréquence de coupure d'un filtre anti-repliement idéal. Donner le rôle du filtre de reconstitution (filtre de lissage)		X	X		A partir du schéma fonctionnel de la chaîne d'acquisition et de la fréquence d'acquisition. Etude qualitative.
B 1.6 Multiplexeur.	Définir le rôle du multiplexage.		X			On montre des cas industriels d'utilisation (régulateurs multiboucles, API...)
	Déterminer le niveau des lignes de commande d'un multiplexeur analogique pour obtenir le transfert d'information désiré.			X	X	A partir d'une notice ou d'un extrait de notice par exemple.
B 1.7 Chaîne d'acquisition et de traitement numérique.	Donner le schéma fonctionnel détaillé d'une chaîne numérique sans multiplexeur.		X			Filtre anti-repliement, échantillonneur bloqueur, CAN, système à microprocesseur, CNA, filtre de reconstitution.
	Donner le rôle des divers éléments d'une chaîne numérique à partir d'un schéma fonctionnel.		X			Éventuellement avec multiplexeur.
	Donner l'algorithme de fonctionnement d'une chaîne de traitement numérique et le programmer sur un système informatique.		X		X	L'algorithme est donné en langage courant : - commander le multiplexeur d'entrée et éventuellement l'amplificateur d'instrumentation - attendre - échantillonner et bloquer le signal d'entrée - lancer la conversion - attendre la fin de conversion - échantillonner le signal de sortie - lire le résultat donné par le CAN - effectuer les calculs - envoyer le résultat sur le CNA choisi. Une séance de 4 h de TP cours est suffisante. La programmation est faite en fonction du matériel disponible. Il est souhaitable de disposer d'ordinateurs avec cartes d'acquisition industrielles "ouvertes" ce qui permet de décrire la structure d'un système informatique. Les éléments de langage nécessaires sont fournis et n'ont pas à être retenus pour l'examen. Le programme consiste en quelques lignes.
	Configurer et régler une carte d'acquisition sur ordinateur.			X	X	A partir d'une notice détaillée et de logiciels adéquats. A l'écrit on peut poser des questions à partir d'extrait de notices et de schémas simplifiés.



PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
-----------	-----------	-----	---	---	---	--------------------------

**B.2 TRAITEMENT NUMERIQUE DU SIGNAL :**

Les calculs demandés doivent rester simples et ne pas masquer l'essentiel :

- la discrétisation
- le passage d'une équation en z à une équation de récurrence et à un algorithme.

La transformée en z est, avant tout, un moyen utile pour déterminer une équation de récurrence.

80 % de ce chapitre doit être traité en TP-cours avec un matériel et des logiciels adéquats. L'équipement minimal consiste en un ordinateur muni de cartes d'acquisition et/ou un système minimal à microprocesseur classique ou spécialisé dans le traitement du signal (DSP ou MSP) sans oublier des logiciels adaptés. Faire programmer quelques algorithmes dans les cas simples est souhaitable en TP mais cet aspect du traitement numérique ne saurait faire l'objet d'aucune exigence pour l'obtention du diplôme.

**15 %  
environ**

B 2.1 Discrétisation	Déterminer la suite des échantillons d'un signal analogique donné sous forme graphique ou sous forme mathématique.	<b>F3-A1</b>		X	X	La période d'échantillonnage est donnée.
	Exprimer sous forme de relation de récurrence entre les échantillons successifs, les opérations dérivation, intégration et retard.		X	X	On souligne particulièrement l'importance de la période d'échantillonnage.	
	Passer d'une équation intégral-différentielle à l'équation aux différences.			X	On se limite strictement au second ordre pour les exigences à l'examen.	
B 2.2 Notion de transformée en z	Définir la transformée en z d'un signal discrétisé.		X	X	Pas de développement mathématique. L'utilisation de table de conversion pour retrouver un original est indispensable.	
	Définir la transformée en z correspondant aux opérations intégration, dérivation et retard		X	X		
	Définir la fonction de transfert d'un système échantillonné.		X	X	Les exemples doivent être simples (premier et second ordre) et choisis dans le domaine de la régulation.	
	Passer de l'expression d'une fonction de transfert harmonique (en $j\omega$ ) d'un système à une équation de récurrence.			X	Passer d'une transformée en z à une équation de récurrence et vice versa, éventuellement avec l'usage de la transformée bilinéaire qui est alors fournie.	
B 2.3 Filtrage numérique	Déterminer les réponses indicielles et impulsionnelles de filtres numériques simples dont l'algorithme est connu, et vérifier expérimentalement.			X	X	L'utilisation d'un logiciel de traitement numérique, d'un simulateur s'impose en travaux pratiques.
	Réaliser le filtre numérique équivalent à un filtre analogique de même gabarit.			X	X	On se limite à des cas simples (premier ou second ordre) on demande de passer de la fonction de transfert du filtre analogique à l'équation de récurrence et de vérifier expérimentalement le comportement du filtre.
	Déterminer si un filtre numérique est récursif ou non.			X		A partir de sa fonction de transfert en z ou de son équation de récurrence.
	Déterminer si un filtre récursif est stable en utilisant la propriété des modules des pôles inférieurs à 1.	X	X		On s'appuiera par transformation dans le plan complexe ( $p \leftrightarrow z$ ).	

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
B 2.4 Transformée de Fourier	Énoncer qu'un signal non périodique peut être représenté par un spectre continu et infini.		X			Aucune mathématisation n'est demandée, on veut simplement que le vocable "transformée de Fourier" soit différencié de "série de Fourier" dans l'esprit des étudiants.
	Interpréter le spectre des amplitudes fourni par un logiciel de transformée de Fourier (FFT).				X	Après avoir fait l'acquisition d'un signal on réalise sa transformée de Fourier et on détermine des fréquences caractéristiques du signal. On souligne les difficultés d'interprétation (fenêtrage en particulier) et on donne le sens de l'acronyme FFT sans avoir aucune exigence à ce propos.

### B.3 TRANSMISSION PAR CABLE D'UN SIGNAL NUMERIQUE :

90% de ce chapitre concerne des signaux codés en tension, sans modulation.

Ici encore l'aspect expérimental est fondamental, il s'agit d'être aussi proche que possible des réalités industrielles du moment et de permettre de bien saisir l'importance du choix du standard de transmission et du câble utilisé. De nombreux dysfonctionnements constatés dans les systèmes de régulation ont pour cause le non respect des caractéristiques des câbles utilisés, l'inadéquation des résistances de terminaison et de protection, la non-prise en compte de la tension de mode commun.

**11 %  
environ**

B.3.1 Modèle à constante répartie d'une ligne pour un signal quelconque.	Énoncer qu'une ligne est caractérisée par sa résistance linéique, son inductance linéique, sa capacité linéique et la conductance linéique de son isolant, et déterminer ces grandeurs caractéristiques dans un catalogue constructeur.	<b>F3-A1</b>	X	X		On s'appuiera sur l'étude des réseaux de la partie CIRA et en particulier les liaisons RS422 et RS485.
	Mesurer l'inductance linéique et la capacité linéique d'une ligne et en déduire l'impédance caractéristique d'une ligne.				X	Avec un inductancemètre et un capacimètre numérique ; la méthode étant fournie.
	Donner la formule de l'impédance caractéristique d'une ligne à faible perte et l'utiliser correctement.		X	X		Aucune démonstration ou interprétation de l'équation du télégraphiste, qu'il a été utile d'établir et d'étudier en cours, ne peut faire l'objet d'exigence pour l'examen. On a souligné, sans en faire une exigence, l'importance de l'aspect "faible perte" nécessaire à l'obtention d'une même célérité pour toutes les fréquences composant un signal numérique. L'étude des réflexions multiples, de la résonance et de l'effet d'antenne est tout à fait hors programme.
	Interpréter l'observation de l'atténuation d'un signal comme la conséquence de pertes d'énergie.				X	On ne demande pas d'expliquer les différences constatées en fonction de la fréquence.
	Énoncer qu'une ligne peut être caractérisée par sa bande passante.		X		X	On indique que la bande passante est fortement influencée par le montage correct ou non de la ligne, par le choix des émetteurs et récepteurs utilisés.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
B.3.2 Réflexion d'un signal rectangulaire.	Expliquer que la transmission d'un signal dans une ligne n'est pas instantanée et que se superposent des signaux incidents et des signaux réfléchis et interpréter qualitativement un oscillogramme de signaux incidents et réfléchis.				X	Les signaux sont rectangulaires et on évite les superpositions multiples pour l'interprétation. Pour les manipulations on peut par exemple : - déterminer la longueur d'un câble coupé ou en court circuit - mesurer de la vitesse de propagation du signal - détecter un défaut. avec un générateur basse fréquence et un oscilloscope. On travaille alors avec un rapport cyclique du signal tel que l'interprétation des oscillogrammes soit aisée.
	Énoncer que pour éviter toute réflexion il faut que la résistance de fin de ligne soit égale à l'impédance caractéristique de la ligne.	X			X	Ce résultat fondamental tiré du calcul précédent doit être connu.
	Déterminer expérimentalement l'impédance caractéristique d'une ligne.				X	Vérifier un câble de transmission.
B.3.3 Liaison par fibre optique.  Emetteurs et récepteurs de lumière. Photocoupleur.	Donner le principe physique de la transmission de lumière dans une fibre.	X				On n'entre pas dans le détail, on exige simplement que la notion de réflexion soit donnée.
	Interpréter des schémas mettant en œuvre des LED et des phototransistors.			X		On donne un schéma équivalent de la LED et toutes les indications nécessaires sur le fonctionnement du phototransistor. Il s'agit en fait d'appliquer les lois générales du courant.
	Interpréter un schéma mettant en œuvre une photodiode.			X		Les caractéristiques de la photodiode en fonction du flux lumineux sont fournies.
	Mettre en œuvre une expérience de transmission de signaux numériques par fibre optique.				X	Les maquettes et les logiciels nécessaires étant fournis il s'agit simplement de câbler et de vérifier le fonctionnement à diverses vitesses.
	Donner les avantages et les inconvénients essentiels d'une liaison par fibre optique.	X				
B.3.4 Modulations. Modulation par déplacement de fréquence MDF(=FSK)	Donner le principe de la modulation par déplacement de fréquence de signaux numérique FSK.	X				On ne s'interdit pas de parler d'autre modulation d'actualité (MCI, MDP = PSK, MDAP=APSK.....) sans aucune exigence de connaissance nouvelle. On peut, dans le cadre des connaissances du programme évaluer d'autres types de modulation (MCI par exemple) si on apporte les données nécessaires. L'étude des schémas de réalisation de modulateurs est hors programme.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
Modems	Déterminer les fréquences successives qui doivent être obtenues à partir de la connaissance des données binaires et vice-versa et vérifier expérimentalement.			X	X	La vérification expérimentale restera simple (émission répétée d'un caractère) en utilisant un modulateur monté. On parlera nécessairement des protocoles de transmission des transmetteurs et actionneurs dits "intelligents" (protocole Hart par exemple). «envoi de sinusoïdes entières».
	Souligner la nécessité dans le cas de la superposition d'un signal analogique et d'un signal FSK d'obtenir une valeur moyenne nulle pour le signal FSK.	X				
	Donner le principe et l'intérêt d'un modem. Mettre en œuvre un modem.	X			X	On attend trois choses essentiellement : - modem = modulateur-démodulateur - principe de transmission de signaux binaires sous formes de modulations diverses dont on n'exige pas le détail - possibilité de transmettre à longue distance des signaux numériques sur des lignes téléphoniques simples. On donne des informations sur les diverses techniques d'actualité et on souligne les différences entre réseaux RTC, RNIS et lignes spécialisées à haut débit.

### C.1 DISTRIBUTION D'ENERGIE ET ACTIONNEURS DE PUISSANCE :

Ce chapitre fondamental doit être traité aussi tôt que possible surtout en ce qui concerne l'aspect sécurité des personnes et des biens.

La prévention des risques électriques doit être un souci permanent et les consignes de sécurité seront rappelées aussi souvent que possible durant les deux années.

Un aspect professionnel doit être donné à cette partie avec l'étude des composants d'une armoire de puissance.

En tout cas, ce chapitre doit être traité complètement avant le stage en entreprise.

Le titulaire d'un BTS CIRA doit être un utilisateur éclairé capable de dialoguer avec le personnel du service électricité ou de décider lui-même dans les petites entreprises. Il doit être capable de participer au choix d'un matériel, de détecter un dysfonctionnement.

**8 %  
environ**

C.1.1 Circuits de puissance	Donner et utiliser correctement les différentes grandeurs en triphasé équilibré.		X	X		
Régimes de neutre.	Donner les caractéristiques d'un régime TT en précisant le rôle du conducteur de terre.	<b>F6-A5</b>	X			Les autres régimes de neutres (TN, IT) sont étudiés et leur connaissance est évaluée en cours sans faire l'objet d'exigence à l'examen.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
	Expliquer le rôle et le principe d'un disjoncteur différentiel.		X			
	Énoncer que le danger d'électrocution est lié à l'intensité du courant, à sa nature et à sa durée.		X			
	Appliquer strictement les consignes de prévention des risques ; respecter les panneaux.		X		X	
	Donner les mesures à prendre en cas d'accident électrique.		X			
	Donner les limites des régimes TBT et BT en continu et en alternatif.		X			
	Donner les caractéristiques du régime TBTS et préciser que les instruments utilisés en instrumentation doivent être préférentiellement réalisés dans ce mode.		X			Préciser que ce mode est nécessaire dès qu'il y a possibilité de contact avec des conducteurs nus et qu'il est donc recommandé pour tous les circuits de commande et de mesure en instrumentation.
C.1.2 Appareillage de protection Certification à la prévention du risque électrique.	Définir les rôles des organes couramment utilisés dans les armoires d'électrotechnique : sectionneurs, fusibles, relais, disjoncteurs, contacteurs, contacteurs discontacteurs inverseurs, fusibles, relais thermiques, relais statiques...	<b>F1-A3</b> <b>F6-A5</b>	X			On donne des notions de fiabilité et on utilise des catalogues de constructeurs. On étudie les principes physiques de fonctionnement. On exige la connaissance des différents types de fusibles. On rappelle les conditions d'intervention dans une armoire électrique.
	Interpréter le schéma d'une armoire d'électrotechnique comportant circuit de puissance et/ou circuit de commande.	<b>F1-A4</b> <b>F2-A2</b>		X		Comportant les organes précédemment décrits. Les normes de la schématique doivent être connues ainsi que le rôle des divers éléments d'une armoire électrique classique.
	Identifier les organes d'une armoire de commande de moteur et donner le rôle de chacun d'eux.	<b>F2-A1</b>	X	X	X	Éventuellement à l'écrit sur photo. En TP on travaille sur des sous-ensembles hors tension.
	Etre "habitable" à intervenir sur des appareils et des équipements électriques conformément au décret du 14/11/1998.	<b>F2-A2</b> <b>F6-A5</b>	X			En cours on dispense la formation aux risques d'origine électrique, certifiant l'étudiant au niveau BR conformément à la norme UTE C 18-510.
	Donner les zones des régimes TBT et BT.		X			
	Rappeler les consignes de sécurité et s'y conformer strictement en toute circonstance.	<b>F6-A5</b>	X	X	X	En TP, on fournira systématiquement des consignes concernant la sécurité pour toute manipulation ; quitte à préciser que telle ou telle expérience se fait en régime TBTS sans possibilité de fusion de matière (intensité limitée) et ne présente donc aucun danger.
	Préciser les associations ou interférence de risques.	<b>F6-A5</b>	X			Par exemple association électricité et gaz.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
C.1.3 Distributions triphasées	Donner et utiliser la relation entre tension simple et tension composée.	F1-A4	X	X	X	Les formules à utiliser sont à connaître et le principe du relèvement du facteur de puissance peut-être évoqué.
	Donner et utiliser la relation entre les courants dans le cas d'un régime équilibré.		X	X	X	
	Calculer une puissance en triphasé équilibré		X	X	X	
	Donner le couplage à effectuer en fonction des caractéristiques du réseau et du récepteur utilisé.		X	X	X	

### C.2 CONVERTISSEURS STATIQUES :

Tous ces convertisseurs font parti de la vie professionnelle courante dans le domaine de la régulation.

Le titulaire d'un BTS CIRA doit être un utilisateur éclairé capable de dialoguer avec le personnel du service électricité ou de décider lui-même dans les petites entreprises. Il doit être capable de participer au choix d'un matériel, de détecter un dysfonctionnement majeur.

**15 %  
environ**

C.2.1 Propriétés succinctes des commutateurs de puissance. Modélisation idéalisée des commutateurs.	Énoncer et appliquer les conditions de blocage et de saturation d'un transistor bipolaire ou MOS et vérifier expérimentalement.	F3-A1	X	X	X	On rappelle la formule d'amplification en courant du transistor bipolaire en régime linéaire. On n'exige aucune connaissance sur les temps de commutation et les circuits d'aide à la commutation.
	Déterminer la puissance dissipée dans un transistor bipolaire.			X		
	Donner et appliquer les conditions de mise en conduction et d'extinction d'un thyristor et vérifier expérimentalement.	F1-A3 F1-A4 F2-A2 F4-A1	X	X	X	On n'exige pas la connaissance des conditions sur la pente de la tension ni sur l'influence de la température.
	Déterminer la charge maximale que l'on peut placer dans un montage à collecteur ouvert du type de ceux que l'on peut trouver en sortie d'automate ou de systèmes de contrôle commande et vérifier expérimentalement.			X	X	L'existence éventuelle d'une résistance de rappel est signalée en cours mais on évite cette complication dans les évaluations pour l'obtention du diplôme.
	Donner le rôle de la diode de "roue libre" dans les commandes de relais ou de contacteurs.		X			On montrera en expérience de cours la facilité qu'il y a à détruire un transistor si on l'oublie.
	Utiliser correctement les informations données sur ces commutateurs de puissance et d'autres idéalisés pour résoudre un problème dans le cadre du programme.			X	X	On ne s'interdit donc pas d'utiliser un transistor CMOS ou IGBT (ou à venir) mais on donne ses propriétés en restant aussi simple que possible. On montrera que les commutations de puissance sont sources d'harmoniques qui doivent être filtrées.
C.2.2 Conversions alternatif – continu. Redressements non commandés.	Déterminer la forme d'onde et/ou la fréquence en sortie d'un redresseur idéal en pont sur charge résistive dont le schéma est donné et vérifier expérimentalement.	F3-A1	X	X	X	Diode idéalisée.
	Calculer la valeur moyenne et/ou la valeur efficace d'un signal redressé sur charge résistive.			X		Un formulaire des diverses formules de trigonométrie nécessaires est fourni.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
Redressement monophasé commandé.	Prévoir l'allure des formes d'onde en sortie de pont sur charge capacitive ou inductive (RL).		X			On se contente d'une allure générale.
	Déterminer la forme d'onde en sortie d'un redressement P2 ou PD2 commandé sur charge résistive dont le schéma est donné et vérifier expérimentalement.		X	X	X	Le pont fourni peut-être mixte ou complet. Des informations sont données sur les commutateurs. Le mode de fonctionnement en onduleur est cité et il peut être étudié sans aucune exigence à l'examen.
	Calculer la valeur moyenne d'un signal redressé commandé sur charge résistive.			X		Un formulaire des diverses formules de trigonométrie nécessaires est fourni.
Alimentation régulée.	Interpréter la forme d'onde d'un signal redressé lissé par une bobine ou un condensateur.		X		X	Aucun calcul n'est exigible. Prévoir le montage à utiliser en fonction de la charge.
	Déterminer si une application industrielle dont le schéma est donné fait appel à un redressement commandé ou non.		X		X	
	Définir le rôle de chaque partie de l'alimentation dont le schéma est fourni.	<b>F3-A1</b> <b>F2-A2</b>	X			Sauf celui des condensateurs d'anti-oscillations du RIT.
	Faire le bilan des puissances dans ce type d'alimentation.	<b>F1-A3</b>		X		Toutes les données nécessaires sur chaque partie de l'alimentation étant fournies.
	Vérifier le fonctionnement d'un RIT et vérifier les caractéristiques d'une alimentation régulée.				X	
C.2.3 Conversions continu-continu Hacheur série (abaisseur de tension).	Calculer la valeur moyenne de la tension de sortie d'un hacheur série dont on donne le schéma et vérifier expérimentalement.	<b>F1-A2</b> <b>F3-A1</b> <b>F4-A2</b>		X	X	En conduction ininterrompue.
	Etablir l'équation différentielle et donner l'expression de l'intensité en sortie d'un hacheur série sur charge L E, la représenter graphiquement.			X		
	Exploiter et compléter éventuellement les chronogrammes de fonctionnement d'un hacheur série			X	X	
	Déterminer l'intensité moyenne en sortie d'un hacheur série sur charge R L E si, à tout instant, Ri est négligeable devant $L \frac{di}{dt}$ et vérifier expérimentalement.			X	X	On a commencé par réaliser les deux calculs précédents. Dans la vérification expérimentale, on demande de vérifier que les portions de courbes représentatives de l'intensité sont des droites.
	Expliquer le principe de la commande d'une machine à courant continu dans les quatre quadrants par un hacheur en pont et calculer la tension moyenne dans des cas simples.		X	X		Le schéma est fourni et le fonctionnement des commutateurs de puissance est décrit L'alimentation est systématiquement donnée comme étant réversible. On n'exige aucune connaissance sur les problèmes de temps de commutation même s'il faut les signaler en cours.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
Hacheur parallèle (élevateur de tension).  Alimentations à découpage.	Énoncer qu'un hacheur élévateur de tension converti une tension continue en une autre tension continue plus élevée.		X			Rien n'est exigible au niveau de l'examen sauf la connaissance de l'existence de ce type de hacheur. On peut en TP mettre en œuvre un hacheur élévateur précablé et faire observer les différentes grandeurs.
	Citer les divers types : abaisseur, élévateur, inverseur.		X			On n'attend ici que des éléments de culture générale et la connaissance des domaines usuels d'emploi.
	Donner les avantages et inconvénients d'une alimentation à découpage par rapport à une alimentation analogique.		X			Rendement, poids, encombrement. Ondulation résiduelle, harmoniques à filtrer
	Réaliser en TP la mise en œuvre d'une alimentation fly-back dont la maquette est fournie et rendre compte des formes d'onde observées ; les comparer aux résultats théoriques fournis, déterminer les phases de stockage et de récupération de l'énergie.				X	X
C.2.4 Conversions alternatif-alternatif. Transformateurs.	Donner les équations du transformateur monophasé parfait pour les courants et les utiliser.	<b>F1-A2</b> <b>F3-A1</b>	X	X		
	Citer des applications des transformateurs dans la distribution et la mesure.	<b>F4-A2</b>	X			Indiquer le rôle et l'emploi des transformateurs d'intensité.
	Établir le modèle de Thévenin d'un transformateur parfait pour les courants vu du secondaire et vérifier expérimentalement.			X	X	Un schéma faisant apparaître le transformateur parfait étant fourni. Les protocoles nécessaires à la vérification expérimentale sont fournis.
	Utiliser la plaque signalétique d'un transformateur monophasé pour relever sa puissance apparente et déterminer l'intensité maximale admissible au secondaire.		X	X		
	Déterminer si un transformateur est de sécurité, à partir de sa plaque signalétique et donner la spécificité d'un transformateur de sécurité.	<b>F6-A5</b>	X	X		
	Déterminer les couplages nécessaires pour obtenir en entrée et en sortie les tensions conformes au réseau et à l'utilisation à partir de la plaque signalétique d'un transformateur triphasé.				X	X
C.2.5 Conversions continu-alternatif. Onduleurs de tension monophasé autonomes.	Déterminer les éléments passants d'un onduleur symétrique sur charge résistive, dont le schéma et la commande sont fournis et vérifier expérimentalement.	<b>F1-A2</b> <b>F3-A1</b> <b>F4-A2</b>	X	X	X	Avec transformateur à point milieu et/ou en pont.
	Déterminer la forme de la tension de sortie d'un onduleur symétrique sur charge résistive ou RL, dont le schéma et la commande sont fournis et vérifier expérimentalement.		X	X	X	Avec transformateur à point milieu et/ou en pont. Le chronogramme de la commande est fourni.



PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
Onduleur de tension triphasés	Tracer les formes d'onde de l'intensité, en sortie d'un onduleur symétrique sur charge résistive ou charge RL et vérifier expérimentalement.			X	X	La démarche est fortement guidée. Il faut décomposer expérimentalement en série de Fourier le signal de sortie pour montrer les avantages de la charge RL.
	Mettre en oeuvre un onduleur monophasé à commande par modulation de largeur d'impulsion.				X	Un montage analogique de fabrication d'un signal MLI peut être réalisé pour illustrer le cours mais on soulignera que les onduleurs industriels sont pilotés par microprocesseurs, y compris pour le calcul de la sinusoïde. On signale que le découpage MLI est la base des circuits modernes de fabrication de signaux quelconques et on en donne les raisons.
	Donner les rôles et intérêts des onduleurs autonomes.		X			
	Reconnaître le schéma fonctionnel de ce type d'appareil.		X			
C.2.6 Schémas fonctionnels et vocabulaire.	Reconnaître sur des schémas fonctionnels les convertisseurs utilisés et donner leur fonction.	<b>F3-A2</b> <b>F3-A3</b>	X			Par exemple la chaîne redresseur, accumulateur ou filtre LC, onduleur, qui est souvent vendue sous le terme onduleur uniquement.
	Associer la bonne conversion aux noms des dispositifs étudiés dans ce chapitre et vice-versa.		X			

### C.3 CONVERTISSEURS D'ENERGIE :

Dans ce chapitre non plus on ne perd pas de vue que le titulaire d'un BTS CIRA doit être un utilisateur éclairé qui est souvent amené à utiliser les matériels les plus modernes en régime dynamique.

Dans le cours et le TP on extrapolera vers les variantes de moteurs classiques utilisés en régulation : machines à CC sans balais (brushless) , moteurs pas à pas et des organes associés : codeur incrémental et autres dispositifs.

On signalera l'évolution vers des machines de plus en plus légères, à faible inertie, à fort couple et strictement asservies.

On s'intéressera plus aux réponses dynamiques de moteurs et à leur asservissement qu'à leur régime statique, surtout en TP. L'étude détaillée de l'asservissement d'un moteur est du domaine de l'électrotechnicien et non pas du domaine de la régulation.

On souligne la tendance industrielle à considérer le moteur et son électronique associée comme un tout.

**15 %  
environ**

C.3.1 Généralités	Interpréter la plaque signalétique d'une machine	<b>F2-A2</b>	X	X	X	
C.3.2 La machine à courant continu à excitation constante.	Donner qualitativement le principe physique de fonctionnement du moteur à courant continu.	<b>F1-A2</b> <b>F1-A4</b>	X			
	Donner et utiliser la relation $E=nN\Phi$ et/ ou $E=k\Omega$ (y compris le passage de l'une à l'autre forme).	<b>F2-A1</b> <b>F2-A2</b>	X	X		
	Commander par l'induit la vitesse de rotation d'un moteur.				X	
	Donner et utiliser le modèle électrique de l'induit en régime permanent (E, R) et/ou en régime dynamique (E, R, L).	<b>F3-A1</b> <b>F4-A1</b> <b>F6-A2</b>	X	X	X	Y compris dans la détermination expérimentale de ces grandeurs en TP.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
Régime dynamique.	Donner et utiliser la relation entre couple et intensité dans l'induit.	F6-A5	X	X		
	Faire un bilan des puissances et/ou établir le rendement.		X	X		
	Déterminer la caractéristique mécanique d'un moteur CC et/ou la tracer.		X	X	X	
	Interpréter correctement une information ou une expérience mettant en œuvre la réversibilité de la machine à CC.		X	X		On n'oubliera pas de donner les conditions d'emplois d'une dynamo tachymétrique.
	Définir les quatre quadrants de fonctionnement et donner les caractéristiques des grandeurs dans chaque quadrant.		X	X		
	Donner l'allure des courbes de charge d'un moteur.		X			
	Déterminer graphiquement le point de fonctionnement d'un moteur.			X	X	
	Donner l'équation fondamentale de la dynamique pour un système en rotation.		X			
	Etablir l'équation différentielle d'un moteur soumis à un couple résistant indépendant de la vitesse et déterminer la constante de temps mécanique et la valeur finale de la vitesse et vérifier expérimentalement.			X	X	On néglige l'inductance de l'induit. Il est intéressant de comparer les résultats obtenus avec une source de tension idéale et une source de tension possédant une résistance interne. Une étude expérimentale de la vitesse en fonction de la charge permet d'introduire la nécessité de la régulation de vitesse.
	Reconnaître l'expression d'un couple de frottement visqueux.		X			
Asservissement de position. Asservissement de vitesse.	Interpréter la présence d'un réducteur pour exprimer les vitesses l'une par rapport à l'autre.		X		Les expressions du couple de frottement ou du couple résistant constant et du moment d'inertie de la charge, ramenés au moteur, qui ont été établies en cours, seront fournies.	
	Déterminer la fonction de transfert d'un moteur commandé par l'induit en utilisant la transformée de Laplace et énoncer que la fonction de transfert se réduit en pratique à un modèle du premier ordre.		X		La démarche est fortement guidée.	
	Déterminer la fonction de transfert d'un système comportant un moteur en asservissement de position avec correcteur P en négligeant la constante de temps électrique et vérifier expérimentalement.		X	X	La démarche est fortement guidée. On pourra étudier en TP une boucle cascade avec régulation interne de vitesse mais on n'aura aucune exigence à l'examen à ce propos.	
	Donner des causes à l'erreur statique pas tout à fait nulle constatée dans un asservissement de position.	X		X	Alors que l'on a constaté une intégration pure dans la fonction de transfert en boucle ouverte.	

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
	Utiliser un correcteur PI ou PID pour réaliser un asservissement de position rapide et précis.				X	Avec une démarche très expérimentale. La seule exigence concerne la nécessité de la présence d'un intégrateur dans le correcteur. On utilisera de préférence un régulateur industriel.
C.3.3 La machine synchrone.	Donner qualitativement le principe physique de fonctionnement d'une machine synchrone.	<b>F1-A2</b> <b>F1-A4</b> <b>F2-A1</b>	X			Il est nécessaire de souligner l'impossibilité de démarrage du moteur à la fréquence nominale sauf le cas particulier de très petits moteurs peu chargés.
	Donner qualitativement le principe d'une machine synchrone autopilotée.	<b>F2-A2</b> <b>F3-A1</b> <b>F4-A1</b> <b>F6-A2</b> <b>F6-A5</b>	X			On soulignera que dans le domaine de la régulation on trouve de petits moteurs synchrones autopilotés munis de leur électronique et vendus comme des machines à courant continu sans balais (moteurs brushless).
	Commander un petit moteur synchrone autopiloté et vérifier ses caractéristiques.				X	
	Relever, sur une notice constructeur ou une plaque signalétique, les caractéristiques d'une machine autopilotée et les interpréter.		X	X	X	Y compris les limites de $\Delta f$ .
	Énoncer que la machine synchrone est réversible et que le moteur synchrone peut être utilisé en alternateur.		X			
	Expliquer le rôle des alternateurs dans la production de l'énergie électrique.	<b>F3-A1</b>	X			
C.3.4 La machine asynchrone	Donner qualitativement le principe physique de fonctionnement d'un moteur asynchrone.	<b>F1-A2</b> <b>F1-A4</b>	X			
	Interpréter et utiliser la plaque signalétique d'un moteur asynchrone.	<b>F2-A1</b> <b>F2-A2</b>		X	X	En particulier pour le couplage. Y compris les indices IP 23, IP 44, IP 55.
	Donner et utiliser l'expression du glissement en fonction des fréquences de synchronisme et de rotation du rotor.	<b>F3-A1</b> <b>F4-A1</b> <b>F6-A2</b> <b>F6-A5</b>	X	X	X	Ou en fonction des vitesses de rotation.
	Donner et utiliser l'expression du rendement du rotor.		X	X	X	
	Utiliser la caractéristique mécanique et/ou calculer le couple maximal ; vérifier expérimentalement.			X	X	La formule donnant le couple aura été démontrée en cours mais sa connaissance n'est pas exigée ; elle sera donc fournie.
	Exploiter la caractéristique mécanique d'un moteur pour dire s'il peut démarrer sous un couple donné et déterminer la vitesse de régime.			X	X	On exige que l'étudiant cite la loi fondamentale de la dynamique. On vérifie expérimentalement.
	Faire le bilan des puissances et déterminer le rendement du rotor et le rendement de la machine.			X	X	
	Indiquez comment on peut inverser le sens d'un moteur asynchrone et réaliser le schéma de puissance nécessaire à un fonctionnement dans les deux sens de marche.		X	X		Pour le circuit de commande on n'exige pas de réalisation.

PROGRAMME	CAPACITES	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
C.3.5 Moteur pas à pas.	Mettre en œuvre des moteurs pas à pas (monopolaires et bipolaires) pour mesurer le pas, la fréquence maximale et éventuellement le couple maximal, le couple de maintien, relever les oscillations amorties en mode pas à pas...	<b>F1-A2</b> <b>F1-A4</b> <b>F2-A1</b> <b>F2-A2</b>			X	Une séance de TP-cours de 2h sera consacrée à une initiation au fonctionnement des moteurs pas à pas. Les dispositifs de commande seront fournis câblés.
	Interpréter et utiliser correctement les termes : angle de pas, couple de maintien, fonctionnement en marche-arrêt et en survitesse, unipolaire et bi-polaire.	<b>F3-A1</b> <b>F4-A1</b> <b>F6-A2</b>	X	X	X	Tout problème à ce propos est fortement guidé et reprend en fait les lois générales déjà vues.

**Discipline : INSTRUMENTATION**

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	COMMENTAIRES
-----------	-----------	----	-----	---	---	---	--------------

Référentiel de certification

**Description de l'activité observable de l'élève :**  
 verbe d'action suivi de la description de cette action.  
 L'élève est capable de :

Fonction et activité  
 du référentiel d'activités professionnelles  
 ex. : **F1-A1** (Fonction 1 / Activité 1)

Savoir-faire  
**E**xpérimental

Savoir-faire  
**T**héorique

**C**onnaissance

**Précisions :**  
 type de matériel à utiliser,  
 aides à apporter,  
 documentations,  
 nombre de variables,  
 .....

## **PREAMBULE**

Instrumenter, c'est prévoir les instruments ou les appareils de mesure, de commande, de sécurité..., permettant le contrôle et la marche automatique d'une installation industrielle.

Cette partie de l'enseignement demeure donc un pré-requis incontournable avant d'aborder les deux autres champs disciplinaires de l'enseignement de "CIRA".

Il serait en effet vain de prétendre automatiser, réguler, optimiser une installation, sans connaître les instruments permettant son contrôle, sa commande.

S'appuyant sur l'enseignement dispensé en sciences physiques, ce module de formation s'attachera principalement à donner au technicien supérieur, les connaissances et les savoir faire théoriques et expérimentaux lui permettant notamment de proposer et de mettre en œuvre rationnellement, en adéquation avec les règles de sécurité, les instruments ou systèmes de contrôle et de commande.

## 1. MESURES PHYSIQUES

50 %  
environ

Les cours et T.P. sont confiés à un même professeur.

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>a) Mesures physiques</b>							
<b>Prérequis</b>							
Systèmes d'unités – symboles - grandeurs principales et dérivées (référentiel de physique)							
<b>Métrologie</b> <b>Généralités sur la mesure</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire le bilan des grandeurs physiques utilisées industriellement.</li> <li>- Faire le lien entre les unités du système S I, et celles employées industriellement à partir d'un tableau de conversion.</li> </ul>	C1	F1A1		X		
<b>Métrologie et Qualité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Initier aux problèmes de <b>certification qualité</b>, dans le domaine de la <b>métrologie</b>.</li> <li>- Expliquer l'organisation d'une chaîne d'étalonnage.</li> <li>- Montrer l'importance des étalons primaires et secondaires.</li> <li>- Analyser les différentes erreurs possibles :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* systématiques</li> <li>* accidentelles</li> </ul> </li> <li>- Présenter un exemple de mesure, et analyser les incertitudes qui l'entachent.</li> </ul>	C1 C6	F3A2  F6A1	X	X X X		Citer les normes ISO 9000 - 9001 - 9002  Un TP sur le traitement statistique des mesures en tenant compte du niveau de confiance
<b>Chaîne de mesurage : Caractéristiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>A partir d'un appareil, et de sa notice technique :</b></li> <li>- Définir son étendue de mesure.</li> <li>- Définir sa sensibilité.</li> <li>- Rechercher sa classe de précision.</li> <li>- Définir les causes caractérisant cette précision :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Expliquer :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- le décalage du zéro</li> <li>- la linéarité, l'hystérésis</li> <li>- la finesse</li> <li>- les grandeurs d'influence</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Analyser la réponse statique d'un appareil.</li> <li>- Choisir un appareil en fonction du cahier des charges.</li> </ul>	C1 C6	F2A3		X X X X		Ex. <u>Etude d'un manomètre</u> : <ul style="list-style-type: none"> <li>- définir son étendue de mesure</li> <li>- définir sa sensibilité</li> <li>- régler le zéro et l'échelle</li> <li>- tracer sa courbe d'étalonnage (en utilisant un manomètre étalon)</li> <li>- tirer toutes conclusions sur sa précision, son utilisation.</li> </ul>

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Capteur, transmetteur</b> <b>Fonction, Constitution</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Donner le rôle du capteur primaire, du transmetteur</li> <li>- Localiser le transmetteur dans la boucle de régulation.</li> <li>- Préciser son rôle.</li> <li>- Décrire les fonctions associées au capteur : <ul style="list-style-type: none"> <li>* Indicateur local</li> <li>* Indicateur à distance</li> <li>* Transmetteur</li> </ul> </li> <li>- Appliquer la symbolisation.</li> </ul>	C1	F3A1	X	X X		A partir d'un schéma de principe, on utilisera le schéma fonctionnel afin de décomposer les différentes fonctions des appareils ou des éléments d'appareils.
<b>Réglages, Montage, Installation</b> <b>Mise en service,</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préciser la nature du signal dans la boucle de régulation.</li> <li>- Régler un transmetteur (Zéro, Echelle).</li> <li>- Configurer un transmetteur "intelligent".</li> <li>- Déterminer et optimiser l'implantation du transmetteur sur le procédé.</li> <li>- Utiliser les normes de montage du capteur-transmetteur.</li> <li>- Rédiger une procédure : <ul style="list-style-type: none"> <li>* de montage, de <u>mise en service</u>, et de démontage d'<u>isolation</u>,</li> <li>* de réglage.</li> </ul> </li> <li>- Etablir une fiche de configuration et de suivi.</li> </ul>	C1 C2 C3 C6	F3A1 F3A1 F3A1 F2A3  F6A1 F2F2  F2A2	X	X X X  X X	X X	<p>Un TP sur le réglage.</p> <p>Un TP sur la configuration.</p> <p>Utiliser des exemples.</p> <p>Un excellent capteur mal installé donne une image médiocre de la mesure. On parlera de l'influence du transmetteur sur la sécurité du procédé.</p>
<b>Capteur, transmetteur et environnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyser l'environnement des appareils de mesure.</li> <li>- Déduire les conséquences possibles en atmosphères particulières.</li> <li>- Enoncer les normes de sécurité relatives aux appareils. (SI, ADF...).</li> </ul>	C1 C6	F6A1  F6A2	X	X X		<p>Problème des ambiances particulières. (Zones à risque d'explosion).</p> <p>Les principes, étudiés en physique appliquée, ne seront pas abordés, on se bornera à préciser les différentes classifications et les domaines d'utilisation des appareils.</p>
<b>Prix de revient d'une installation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etablir le prix de revient en fonction du cahier des charges et des spécificités économiques.</li> </ul>	C1 C4	F1A3		X		



PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b><u>b) Mesures industrielles des grandeurs physiques courantes</u></b>	L'objectif global d'un procédé est caractérisé au moyen d'une ou plusieurs grandeurs mesurables dont la maîtrise permet d'atteindre cet objectif. Industriellement, les grandeurs physiques incidentes ou à maîtriser sont essentiellement des pressions, des niveaux, des débits et des températures. Quelle que soit la nature de la grandeur physique à mesurer, on doit proposer à l'étudiant la plus large diversité des principes et des techniques de mesure. Confronté aux problèmes de mesure, le technicien doit être capable de proposer des solutions sûres, tenant compte des contraintes définies par le cahier des charges et dans le respect des règles de sécurité.						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les grandeurs physiques à maîtriser dans un procédé industriel simple.</li> <li>- Rechercher, dans un procédé, les grandeurs incidentes, c'est à dire susceptibles de modifier les grandeurs à maîtriser.</li> </ul>	C11	F1A3	X	X		Proposer des exemples de procédés élémentaires.
		C11	F1A3	X	X		
	La surveillance et la conduite des procédés exigent de s'intéresser essentiellement à quatre types de mesures : les pressions, les niveaux, les températures, les débits. Pour chaque type de mesure, exiger les capacités communes suivantes :						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer et expliquer le principe physique du capteur à mettre en œuvre.</li> <li>- Déterminer les caractéristiques de construction du capteur (nature des matériaux, résistance chimique, résistance mécanique, limites d'utilisation...).</li> <li>- Déterminer les caractéristiques d'étalonnage de l'ensemble capteur-transmetteur (étendue de mesure, décalage du zéro, sensibilité, linéarité...).</li> <li>- Définir le type de capteur à utiliser afin d'assurer la sécurité des personnes et des biens.</li> <li>- Choisir le capteur-transmetteur en fonction du cahier des charges.</li> <li>- Etablir les schémas de montage et de câblage du capteur.</li> <li>- Etablir la procédure de mise en service, d'arrêt et de vérification du capteur.</li> </ul>	C13	F1A2	X	X		A partir d'une installation réelle du capteur ou d'un schéma d'installation. Utilisation des documents techniques et de schémas d'installation.  Utilisation des notices techniques des constructeurs portant sur les technologies récentes.  Mettre l'accent sur les conditions de fonctionnement des appareils (environnement déflagrant par exemple). On mettra en évidence que le montage du capteur a une influence sur la sécurité du process. Utilisation de documents techniques et de schémas d'installation, au mieux, sur des procédés à échelle réduite (maquette).	
	C13	F1A2	X	X			
	C13	F1A3	X	X			
	C6	F6	X	X			
	C6 C22	F6	X	X			
	C23 C31	F1A4 F2A5	X	X X	X		
<b><u>b.1. Mesure des pressions</u></b>	<b><u>Prérequis enseignés en physique industrielle :</u></b> Définitions : - de la pression, - des pressions absolue, relative, différentielle, - des pressions statique, dynamique, totale.						

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Mesure des pressions par déformation de solides</b> * différents types d'éléments de mesure * conversion électrique : - résistive - capacitive - inductive - piezo-électrique  <b>Transmetteurs de pression</b> * pression relative * pression absolue * pression différentielle	- Dresser une liste ordonnée des principaux types de capteurs de pression (à membrane, à soufflet, à tube de Bourdon...)  - Régler un transmetteur de pression en fonction d'une échelle imposée. - Tracer la courbe caractéristique d'un capteur-transmetteur de pression. - Justifier le rôle et l'emploi des dispositifs auxiliaires (vannes d'isolement, de purge...).	C1 C6	F3A1 F6	X			Mettre l'accent sur le choix des matériaux du capteur en contact avec le fluide.
		C13 C33 C13 C22 C13	F2A3 F2A3 F2A5	X	X	X	La notice technique de l'appareil est fournie.  La mise en évidence de l'hystérésis n'est pas une exigence. Emploi de documents techniques et de schémas d'installations réelles.
<b>b.2. Mesure des niveaux</b>  <b>Définition</b> * d'un niveau * d'un niveau d'interface  <b>Mesure de niveau par repérage de la position de la surface libre ou d'interface</b> * différents types d'éléments de mesure : - flotteur - plongeur - sonde capacitive - ultrasons ou micro-ondes - rayonnements nucléaires	- Définir la notion de niveau. - Décrire l'importance de la mesure de niveau : - image de la quantité de matière, - image de la position de la surface libre d'un liquide (ou de l'interface de deux liquides non miscibles). - Déterminer les limites haute et basse du niveau (sécurité).  - Dresser une liste ordonnée des principaux types de capteurs de niveau par repérage de la surface libre ou de séparation de deux liquides non miscibles.	C1 C1 C6 C13	F3A1 F6 F1A3	X X	X X	X	Application aux liquides mais aussi aux solides et produits pulvérulents.  Souligner l'importance de cette mesure sur le plan de la sécurité (débordement, rupture de canalisations...)  Mettre l'accent sur le choix des matériaux des capteurs en contact avec le fluide. Envisager les cas de mesure de niveau sur des réservoirs à la pression atmosphérique ou sous pression.

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES	
<b>Mesure de niveau par mesure de la pression hydrostatique</b> * différents types <b>d'éléments de mesure :</b> - par insufflation - par membrane arasante - par capteur de pression différentielle	- Dresser une liste ordonnée des principaux types de capteur de niveau par mesure de la pression hydrostatique.	C13	F1A3	X			Mettre l'accent sur le choix des matériaux des capteurs en contact avec le fluide.	
	- Décrire la mesure de niveau par capteur de pression différentielle sur une cuve sous pression.	C13	F2A2	X	X		Envisager le cas courant de mesure de niveau sur un réservoir sous pression contenant un gaz condensable, le capteur étant situé à hauteur ou plus bas que le réservoir. Sensibiliser l'élève au problème de la mise en service de ce type de mesure.	
	- Régler un transmetteur de niveau en fonction d'une échelle imposée.	C33 C13	F2A3				X	La notice technique de l'appareil est fournie.
	- Tracer la courbe caractéristique d'un capteur-transmetteur de niveau.	C22	F2A3				X	Le protocole expérimental n'est pas fourni.
<b>b.3. Mesure des températures</b>  - <b><u>Prérequis enseignés en physique industrielle</u></b>  - Notion de température - Echelles usuelles de température - Modes de transfert de la chaleur - Lois relatives au rayonnement d'un corps.								
- <b>Thermomètres à dilatation de solides, de liquides ou de gaz.</b> - <b>Thermomètre à tension de vapeur saturante</b> - <b>Sondes à résistances</b>	- Appliquer les lois de la thermodynamique et les lois régissant les transferts thermiques à ces différents types de thermomètre.	C1	F3A1	X	X		Insister sur les plages d'utilisation des différents types de thermomètres à dilatation.	
	- Relever la caractéristique d'une sonde résistive : $R = f(\theta)$ .	C13 C22	F2A3			X	X	La connaissance de la relation $R = R_0(1+a.\theta)$ est exigée. Présenter d'abord la sonde de type Pt100, la plus courante, mais également les autres.
	- Décrire les différents montages associés à l'utilisation des sondes à résistances (montage deux fils, trois fils, quatre fils).	C13	F2A3	X	X			Montrer l'importance des variations des résistances de lignes sur la mesure de la température par sonde à résistance. Insister sur les limites d'emploi des sondes à résistances.

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Couples thermo-électriques</b>	- Câbler une sonde à résistance Pt100, 2 fils ou 3 fils sur un transmetteur.	C13 C22	F2A5			X	Evoquer le temps de réponse propre à une sonde à résistance. Insister sur le choix du point d'implantation de la sonde à résistance.
	- Dresser une liste ordonnée des principaux types de couples thermo-électriques.	C13	F1A3	X			Les lois physiques qui régissent les couples thermo-électriques ne sont pas exigées. Pour différents types de thermocouples, soudure froide à 0°C.
	- Relever dans une table de thermocouple la force électromotrice correspondant à une température donnée.	C13 C22	F2A3			X	La force électromotrice dépend des matériaux utilisés et des températures des soudures. A l'aide d'une table.
	- Déterminer la f.e.m. dans le cas où la soudure froide n'est pas à 0°C.	C13	F2A3	X			
	- Etablir le schéma de câblage d'un thermocouple sur un transmetteur.	C13 C22	F1A4	X	X		Evoquer l'utilisation possible de câble de compensation entre le thermocouple et le transmetteur.
<b>Transmetteur de température</b>	- Câbler et vérifier le fonctionnement d'un thermocouple.	C23		X	X	X	Utilisation de convertisseurs "universels" recommandée. Notice simplifiée du transmetteur fournie.
	- Décrire le rôle de la compensation de soudure froide dans un dispositif industriel permettant sa prise en compte ou non.	C6 C3	F6A1	X	X		
	- Enoncer que le transmetteur a pour rôle de transformer la grandeur physique f.e.m. en grandeur électrique standard et de la linéariser.	C13	F1A1	X			Evoquer l'utilisation de régulateur à entrée directe (bas niveau).
<b>Pyromètre optique</b>	- Enoncer le principe de la lunette à radiation.	C13	F1A1	X			En relation avec le cours de Physique.
<b>b.4. Mesure des débits</b>							
<b>Prérequis enseignés en physique industrielle</b> : Dynamique des fluides.							
<b>- par mesure de la pression différentielle aux bornes d'un organe déprimogène :</b> * diaphragme * venturi * tuyère	- Expliquer la mesure de débit par organe déprimogène.	C13	F1A1	X	X		
	- Représenter le schéma simplifié en coupe d'un diaphragme, d'un venturi, d'une tuyère.	C13	F1A1	X	X		
	- Indiquer et justifier sur ces schémas les prises de pression amont et aval.	C13	F1A3	X	X		
	- Calculer le diamètre d'un organe déprimogène sur un débit de liquide.	C13	F1A3			X	X

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<p><b>- par mesure de la pression dynamique :</b>  * sonde de Pitot  * sonde de Burton (Annubar)  * à cible  * débitmètre à ludion</p> <p><b>- par mesure d'une force électromotrice d'induction</b></p> <p><b>- par mesure de la vitesse de propagation d'ondes ultrasonores</b></p> <p><b>- par turbine</b>  <b>- par effet Vortex</b>  <b>- par effet Coriolis</b>  <b>- par effet Doppler</b>  <b>- par effet thermique</b></p>	- Calculer le diamètre d'un organe déprimogène sur un débit de gaz avec prise en compte des conditions d'écoulement (pression et température).	C13	F1A3		X		<p>Selon les conditions d'écoulement du fluide et selon la nature du fluide (liquide, gaz sec, gaz humide, vapeur condensable) étudier le montage et la position du transmetteur par rapport à la conduite.  Utilisation de documents techniques et de schémas d'installations réelles.</p> <p>Insister sur l'intérêt que présente le débitmètre à ludion (rotamètre) pour les mesures locales de débit et dans les chaînes d'échantillonnage associées aux analyseurs.</p> <p>Insister sur les limites d'emploi de ces types de débitmètres (sur les fluides chargés notamment).</p> <p>X</p> <p>A partir des documents techniques d'un débitmètre électromagnétique.  Réaliser une étude comparative sur les pertes de charge créées par les différents débitmètres utilisant :  - les organes déprimogènes  - la mesure de la pression dynamique  - la mesure d'une force électromotrice d'induction.</p> <p>La notice technique de l'appareil est fournie.</p> <p>Les notices techniques des appareils sont fournies.</p> <p>X</p>
	- Justifier le rôle et l'emploi des dispositifs auxiliaires (vannes d'isolement, d'équilibrage (by-pass), de purge).	C13	F2A2		X		
	- Dresser une liste ordonnée des différents types de capteurs de débit basés sur la mesure de la pression dynamique.	C13	F1A3	X			
	- Justifier le rôle et l'emploi des capteurs de débit basés sur la mesure de la pression dynamique.	C6 C13	F6	X			
	- Mettre en œuvre une mesure de débit corrigée et vérifier son fonctionnement.	C13 C22				X	
	- Appliquer la loi de Lenz au débitmètre électromagnétique. - Citer les conditions d'emploi et les limites d'utilisation du débitmètre électromagnétique.	C13 C6 C13	F1A1 F6	X X	X		
	- Citer les conditions d'emploi et les limites d'utilisation du débitmètre à propagation d'ondes ultrasonores.	C6 C13	F6	X			
	- Citer les conditions d'emploi et les limites d'utilisation de ces débitmètres.	C6 C13	F6	X			
	Relever la caractéristique d'un débitmètre.	C22 C31				X	

## 2. LES ANALYSEURS INDUSTRIELS

**23 %  
environ**

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<p>Cet enseignement a pour but de familiariser les élèves avec les techniques d'analyses industrielles, lesquelles prennent de plus en plus d'importance, soit au cours de l'élaboration des produits, soit au terme de leur fabrication, soit au niveau de la qualité de la vie (pollution, rejets...).</p> <p>Cette approche des réalités industrielles doit donc, par étapes successives, en fonction des exigences particulières (procédé, régulation, sécurité...) et à partir des principes physiques des appareils les plus couramment rencontrés, permettre l'étude et la réalisation des systèmes d'analyse (prélèvement et traitement d'échantillon, mise en œuvre de l'analyseur, exploitation de la mesure, dépannage, maintenance...).</p>							
<b>ANALYSE INDUSTRIELLE</b>							
Généralités	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Justifier la nécessité d'une analyse :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour la sécurité (personnes et environnement)</li> <li>- pour le contrôle et la régulation de certains procédés.</li> </ul> </li> </ul>	C11 C61 C62	F1A1 F6A1	X X			<p>On présentera essentiellement l'analyse industrielle des gaz.</p> <p>A partir d'un procédé (chaudière industrielle par exemple) on montrera la nécessité de connaître, donc de mesurer la teneur de un ou plusieurs constituants dans les produits de combustion, pour contrôler ce procédé.</p>
<b>SYSTEME D'ECHANTILLONNAGE</b>							
Généralités	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir les fonctions d'un système d'échantillonnage.</li> </ul>	C11	F1A1	X			<p>Ce cours sera traité, si possible, à partir de schémas d'installations industrielles.</p> <p>L'étude du système d'échantillonnage doit intégrer l'aspect "prévention des risques professionnels et protection de l'environnement".</p> <p>On évoquera en particulier les contraintes liées à la condensation et à la présence de poussières.</p> <p>On définira les différentes composantes du temps de réponse et leurs origines.</p> <p>On calculera des temps de réponse sur des exemples simples.</p> <p>Les exemples seront judicieusement choisis de façon à permettre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la mise en évidence des pertes de charge,</li> <li>- l'utilisation des abaques,</li> <li>- le choix de la ligne d'échantillonnage,</li> <li>- le choix de l'appareillage (pompe...),</li> <li>- l'étude de l'implantation de l'appareillage.</li> </ul>
Dispositif de prélèvement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir le rôle et les contraintes d'un système de prélèvement.</li> </ul>	C11 C61	F1A2 F6A1		X		
Transport de l'échantillon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choisir la sonde de prélèvement en fonction du cahier des charges.</li> <li>- Justifier qualitativement et quantitativement l'importance du temps de réponse et en déduire l'importance du choix de la ligne d'échantillonnage.</li> </ul>	C22 C23 C11 C13	F1A1 F1A2	X		X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construire et dimensionner une ligne de transport d'échantillon.</li> </ul>	C11 C13	F1A2			X	

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
Traitement de l'échantillon  Projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montrer la nécessité d'effectuer divers traitements sur l'échantillon ainsi que leurs exigences.</li> <li>- Etablir un projet pour l'échantillonnage d'un gaz en fonction d'un cahier des charges : <ul style="list-style-type: none"> <li>- plans et schémas d'installation,</li> <li>- spécification matériel (y compris tuyauterie),</li> <li>- dossier technique et argumentaire,</li> <li>- plan de maintenance,</li> <li>- estimation du coût.</li> </ul> </li> </ul>	C11 C13	F1A1 F3A1 F1A2		X		Donner quelques types d'appareils de traitement : - filtres : implantation, nature, entretien. - systèmes de refroidissement...
SYSTEME D'ETALONNAGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en évidence l'importance de l'étalonnage de l'analyseur et en déduire la nécessité de prévoir les dispositifs adaptés.</li> </ul>	C61 C13	F6A1 F3A1 F1A3	X	X		On abordera les problèmes liés au stockage (gaz toxiques), à la gestion et au coût des gaz étalons. On étudiera, sur un exemple, la séquence de commutation des vannes permettant un contrôle de la mesure et l'étalonnage de l'appareil.
<b>LES PRINCIPAUX TYPES D'ANALYSEURS INDUSTRIELS</b>	<p><b>Prérequis :</b></p> <p>Principes physiques permettant l'étude et la mise en œuvre des analyseurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- basés sur la conductibilité thermique des gaz (catharomètre),</li> <li>- basés sur le paramagnétisme de l'oxygène ou sur les propriétés de l'oxyde de zirconium,</li> <li>- basés sur l'absorption d'un rayonnement lumineux (IR, opacité...),</li> <li>- basés sur la séparation par chromatographie en phase gazeuse,</li> <li>- basés sur la mesure de densité,</li> <li>- d'humidité.</li> </ul>						
	<p>Pour chaque type d'appareil étudié :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- citer le principe physique ou chimique utilisé</li> <li>- rechercher les éléments principaux et la structure de l'appareil</li> <li>- expliquer son fonctionnement</li> <li>- préciser son domaine d'application</li> <li>- établir les contraintes d'utilisation</li> <li>- établir la procédure d'étalonnage</li> <li>- déterminer les avantages et inconvénients des appareils de même type (comparatif performances/coût)</li> <li>- choisir l'appareil adapté aux exigences industrielles</li> <li>- adapter le schéma d'échantillonnage à l'analyseur installé.</li> </ul>	C1 C2 C3	F3A1		X		<p>Les notices techniques pourront servir de supports à l'étude.</p> <p>Les schémas d'installations industrielles seront repris afin de tenir compte des contraintes spécifiques.</p>

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>ANALYSEURS D'OXYGENE</b>  Principe paramagnétique  Principe physico-chimique	- Mettre en œuvre un analyseur.	C31 C33 C34 C6	F6A5		X	X	Un TP sur la mesure du taux d'oxygène sera réalisé avec un appareil utilisant l'un des deux principes étudiés : - étalonnage, - mise en évidence des facteurs d'influence... Les contraintes liées à l'environnement et à la prévention des risques seront systématiquement rappelées. On précisera notamment l'importance de tels dispositifs lors de travaux en atmosphère confinée ou dans des zones inertées.
<b>ANALYSEURS UTILISANT LA CONDUCTIBILITE THERMIQUE DES GAZ</b>					X		
<b>ANALYSEURS A PRINCIPE OPTIQUE</b>  Analyseur à absorption de rayonnement IR.  Opacimètre	- Mettre en œuvre un analyseur.	C31 C33 C34			X	X	- réglage partie optique, - étalonnage, - mise en évidence des facteurs d'influence... On profitera de ce type de manipulation pour familiariser l'élève aux règles de sécurité spécifiques.
<b>CHROMATOGRAPHE EN PHASE GAZEUSE</b>	- Analyser et expliquer à partir d'une notice et d'un schéma le fonctionnement et les particularités d'un appareil industriel : - échantillonnage, - conditions chromatographiques, - commutations de colonnes, - atténuations, - calibration et tarage automatiques...	C13	F3A1		X		On montrera, par des exemples judicieusement choisis, l'importance des fonctionnalités d'un chromatographe industriel. On mettra en évidence le caractère séquentiel de cette mesure. Si l'environnement l'autorise, un TP, permettant la mise en service et l'étalonnage d'un chromatographe industriel, est recommandé.
<b>DENSIMETRES : - à rayonnements, ...</b>	- Enoncer les règles de sécurité relatives à l'usage d'un appareil utilisant des rayonnements ionisants.	C13 C6	F1A1 F6		X		



PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>HYGROMETRES :</b> - à condensation de surface - à électrolyte - à adsorption - à variation d'impédance		C13	F1A1		X		

### 3 LES ORGANES DE REGLAGE

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>Prérequis :</b> Dynamique des fluides							
<b><u>Généralités</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer le rôle d'une vanne automatique dans une boucle de régulation.</li> <li>- Décrire les différentes parties d'une vanne de réglage.</li> <li>- Préciser leurs fonctions.</li> <li>- Représenter le schéma fonctionnel d'une vanne de réglage.</li> <li>- Rechercher les contraintes auxquelles doit faire face la vanne de réglage.</li> </ul>	C1	F3A1	X X X X	X		<b>17 % environ</b>
<b><u>Etude et choix du corps de vanne</u></b>	<p>A partir des lois de la dynamique des fluides :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- expliquer l'influence des variations des différents paramètres sur l'évolution du débit</li> <li>- préciser le profil de l'évolution de la pression statique dans la conduite et dans la vanne</li> <li>- mettre en évidence la perte de charge due à la vanne</li> <li>- expliquer les phénomènes de cavitation et de bruits, et leurs conséquences</li> <li>- proposer quelques solutions pour y remédier.</li> <li>- Décrire les principaux types de corps de vanne :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- avantages et inconvénients,</li> <li>- domaines d'application et limites d'utilisation.</li> </ul> </li> <li>- Représenter schématiquement les différents types de corps de vanne.</li> <li>- Démonter, analyser et remonter un corps de vanne.</li> <li>- Citer et représenter les principaux types de raccordement d'un corps de vanne sur la conduite.</li> <li>- Définir les principales caractéristiques statiques intrinsèques d'une vanne.</li> <li>- Déterminer les paramètres caractéristiques d'une vanne :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- coefficient de débit "Cv"</li> <li>- coefficient de récupération de pression "Cf"</li> <li>- diamètre nominal "DN"</li> <li>- pression nominale "PN"...</li> <li>- sens d'action, plage de réglage...</li> </ul> </li> <li>- Vérifier le Cv, la plage de réglage et tracer la caractéristique installée d'une vanne.</li> </ul>	C1 C6 C1 C1 C3 C1	F3A1 F6A2 F4A3 F2A2 F3A1 F3A2 F3A1	X X X X X X X X X X	X X X X X	X X X	

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer la déformation de la caractéristique intrinsèque d'une vanne installée en fonction du circuit.</li> <li>- Choisir et dimensionner une vanne en fonction d'un cahier des charges.</li> <li>- Proposer le type de raccordement sur la conduite.</li> <li>- Etablir un schéma de montage (accessoires inclus).</li> </ul>	C2	F3A2		X		<p>On donnera le cahier des charges de l'installation. On pourra indifféremment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser un logiciel</li> <li>- utiliser un guide de calcul</li> </ul> <p>Les études permettront notamment de proposer des solutions pour éviter les phénomènes de cavitation et de bruits.</p>
		C2	F3A2		X		
<b><u>Le servomoteur</u></b> associé au corps de vanne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer le rôle du servomoteur.</li> <li>- Citer les principales contraintes imposées.</li> <li>- Représenter les schémas de principe des différents types de servomoteur et donner leurs domaines d'utilisation.</li> <li>- Associer servomoteur/corps de vanne.</li> <li>- Adapter et inverser le sens d'un servomoteur sur une vanne.</li> <li>- Déterminer la position de repli d'une vanne : <ul style="list-style-type: none"> <li>- par rapport à une défaillance de l'énergie motrice,</li> <li>- par rapport à une défaillance du signal de commande.</li> </ul> </li> <li>- Régler et étalonner l'ensemble vanne et servomoteur.</li> <li>- Tracer et interpréter les caractéristiques statiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>* déplacement = f(commande)</li> <li>* débit = f(commande).</li> </ul> </li> </ul>	C1	F3A1	X X X	X	X X	<p>L'étude porte essentiellement sur les servomoteurs pneumatiques. Les moteurs à courant continu et les moteurs pas à pas sont étudiés dans le cours de physique appliquée.</p> <p>On s'aidera pendant le TP de la notice du constructeur.</p> <p>On introduira les abréviations NO (Normalement Ouverte) et NF (Normalement Fermée) par rapport au signal de commande et FMA (Fermée par Manque d'Air) et OMA (Ouverte par Manque d'Air) par rapport à l'énergie motrice.</p>
		C2	F4A3				
		C6	F6A2				
		C3	F2A3		X		
		C6	F6A2			X X	
<b><u>Le positionneur</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expliquer les fonctions, principales et secondaires, d'un positionneur.</li> <li>- Expliquer le fonctionnement d'un positionneur à partir d'un dessin technique et d'un appareil.</li> <li>- Etablir le schéma fonctionnel de l'ensemble vanne-positionneur.</li> <li>- Effectuer le montage du positionneur sur la vanne.</li> <li>- Régler et étalonner l'ensemble vanne - positionneur : <ul style="list-style-type: none"> <li>- réglage simple,</li> <li>- réglage en partage d'échelle.</li> </ul> </li> <li>- Déterminer les caractéristiques statiques de l'ensemble (vanne - positionneur).</li> <li>- Etablir une fiche d'étalonnage.</li> <li>- Déterminer la position de repli d'une vanne équipée d'un positionneur.</li> </ul>	C1	F3A1	X			<p>TP : On utilisera au minimum 2 positionneurs de technologies différentes.</p> <p>ex :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- positionneur électropneumatique</li> <li>- positionneur "intelligent"...</li> </ul> <p>On utilisera la documentation constructeur.</p> <p>On montrera l'intérêt que peut présenter un montage de vannes en parallèle et travaillant en échelle partagée (Split range).</p> <p>On pourra rappeler l'utilisation possible de modules de calculs, régulateurs "chaud/froid", etc.</p>
		C3	F2A4		X	X X	
		C6	F6		X X	X X	
Choix entre pompe commandée par variateur et vanne de réglage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparer coûts et performances des deux dispositifs.</li> <li>- Définir les critères de choix.</li> </ul>			X X			

#### 4 ETUDES D'INSTALLATIONS

**10 %  
environ**

Cette partie doit permettre aux élèves, à partir des connaissances professionnelles acquises (régulation...), de proposer des solutions conformes au cahier des charges imposé.

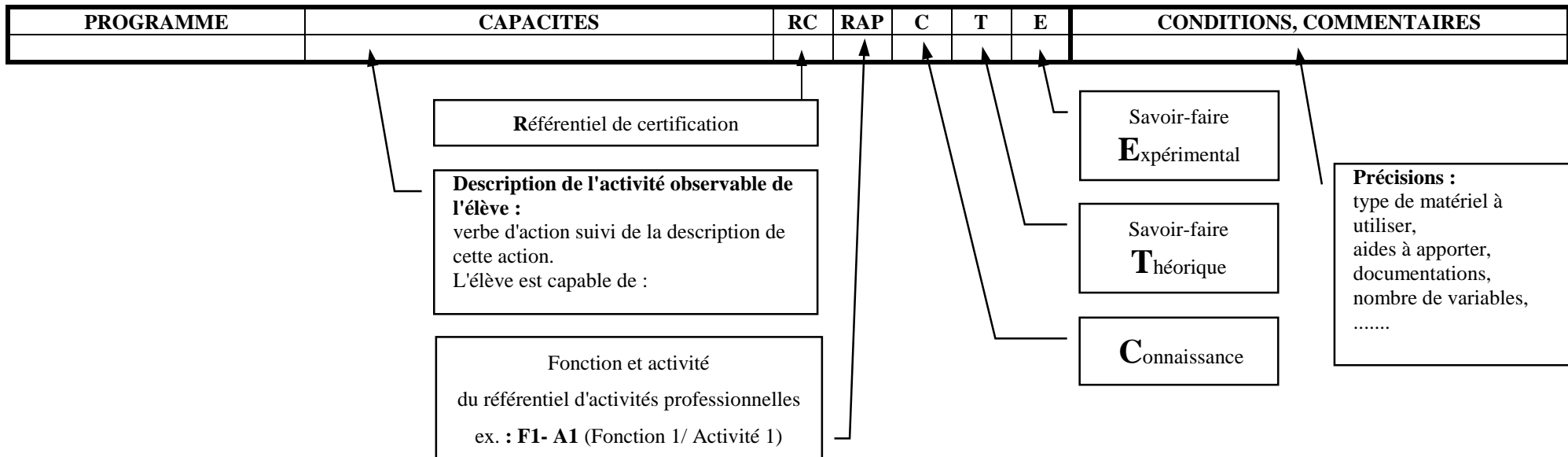
Le cahier des charges sera volontairement limité.

Les études porteront sur des exemples industriels simples, facilement identifiables, les études effectuées sur site lors du stage industriel pourront être prises pour exemples.

On favorisera la recherche et l'exploitation de documentation.

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
Schémas de représentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Utiliser les représentations normalisées :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de circulation des fluides (PCF)</li> <li>- Plans (schémas) TI (tuyauteries et instruments)</li> <li>- Schémas de boucles</li> <li>- Schémas de montage...</li> </ul> </li> <li>* Etablir les plans et schémas normalisés.</li> </ul>	C1	F1	X			Lecture des schémas afin d'en déduire le fonctionnement de la partie contrôle-commande.
Analyse du cahier des charges	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Expliquer succinctement le fonctionnement du procédé.</li> <li>* Etablir un inventaire des contraintes en les ordonnant.</li> </ul>	C1 C6	F1 F6A3	X	X		
Etude technique	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Proposer des solutions ou améliorations adaptées au cahier des charges :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etablir le dossier technique comprenant :                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- argumentaire</li> <li>- plan et schémas</li> <li>- choix du matériel...</li> </ul> </li> <li>- Définir les spécifications du matériel.</li> </ul> </li> </ul>	C2 C6	F1 F6A3		X  X	X	

## Discipline : REGULATION



## **PREAMBULE**

Un même professeur doit être impliqué dans tous les enseignements théoriques et pratiques de CIRA : Instrumentation, Régulation et Automatismes.

### **Cours de régulation**

Il vise à donner une vue d'ensemble de la régulation. Il vise également à développer des méthodes d'analyse dynamique des procédés industriels en vue de la conception et de la mise en oeuvre des boucles de régulation. Il vise enfin à développer l'utilisation de critères déterministes pour le réglage des boucles. Les différents concepts abordés devront s'appuyer sur les travaux pratiques et ne pas être enseignés sous un aspect dogmatique.

Ce programme ne fait appel qu'à des notions simples de mathématiques, principalement :

- équations différentielles linéaires à coefficients constants ;
- nombres complexes et calcul imaginaire ;
- transformée de Laplace et calcul opérationnel.

### **Travaux pratiques de régulation**

Cet enseignement doit être conduit en parfaite collaboration avec les autres enseignements : instrumentation, physique industrielle, chimie industrielle...

D'autre part, il doit permettre la mise en application des méthodes d'analyse, de conception et de réglage de boucles mises en évidence dans le cours de Régulation.

Enfin cet enseignement doit familiariser l'élève à :

- la réalisation de documents complets, constituant l'étude technique d'un processus industriel complexe ;
- la mise en oeuvre des documents d'exécution et d'exploitation concernant l'installation, la mise en service et la conduite d'un système complet de contrôle-commande.

Le présent programme constitue (pour un élève n'ayant jamais abordé cette matière) un objectif global sur les deux ans de formation. Il ne préjuge en rien de la progression pédagogique sur les deux années, notamment en fonction de l'origine de l'élève et des contraintes d'horaires et de matériel.

### **Remarque :**

- En l'absence de normalisation, les notations citées ( $\tau$  ,  $K$  ,  $x$  ,  $y$  ,  $\omega_0$  ,  $\lambda$  , ... ) représentent un formalisme conseillé pour une situation d'évaluation, en accord avec le principe même du référentiel de certification.

PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>1 Introduction à la commande</b> <b>1.1 Systèmes commandés en chaîne ouverte</b>							<b>28 % environ</b>
1.1.1 Analyse fonctionnelle d'un dispositif industriel	Analyser une installation à partir d'une représentation Définir les grandeurs fonctionnelles d'un procédé en vue d'une analyse Définir la notion de système élémentaire en régulation Décomposer une installation industrielle en sous-éléments constituant des systèmes élémentaires tout en gardant à l'esprit les contraintes globales du système en matière de sécurité	C1	F1 F6A1		X X X X		A partir d'un exemple précis (four, chaudière...) poser la problématique de la régulation Un système élémentaire se définit comme un ensemble établissant une relation entre une grandeur mesurée et une grandeur réglante
1.1.2 Schémas de représentation	Définir et utiliser les représentations normalisées (AFNOR) : - Plan de circulation des fluides - Plans (ou Schémas) TI - Schémas fonctionnels	C2	F1 F2 F3	X			A partir de l'exemple étudié précédemment, établir les diverses représentations, en insistant sur les utilisations de chaque représentation (corps de métier...)
1.1.3 Caractéristiques statiques et dynamiques d'un système	Définir la notion de caractéristiques statiques Relever le réseau de caractéristiques d'un système élémentaire Définir la notion de caractéristiques dynamiques Relever la réponse temporelle d'un système à une sollicitation	C1	F2 F3		X X	X X	Utiliser un relevé expérimental effectué en TP, sur un système naturellement stable (température, débit, pression) On se limite essentiellement à la réponse temporelle à un échelon ou une rampe du signal de commande
1.1.4 Linéarité, non linéarité d'un système	Déterminer si un système est globalement linéaire ou non Enoncer qu'un système peut être considéré comme localement linéaire Définir la notion de gain statique Calculer un gain statique	C1	F2 F3	X	X X	X	Utiliser un relevé expérimental Insister sur l'influence de l'actionneur Utiliser la lettre K pour le gain statique Utiliser un relevé expérimental
1.1.5 Equations différentielles applicables	Définir et utiliser des modèles de représentation Définir l'ordre et la classe d'un système Distinguer les systèmes naturellement stables et les systèmes intégrateurs Mettre en évidence le régime forcé et le régime libre	C1	F3 F4	X X	X X	X	Poser la problématique à partir d'une expérience Se limiter aux équations différentielles linéaires, valables pour de petites variations autour d'un point de fonctionnement
<b>1.1.6 Etude des réponses temporelles des systèmes</b>							
1.1.6.1 Systèmes modélisés par une équation différentielle du premier ordre	Déterminer la réponse indicielle et la réponse à une rampe Déterminer la constante de temps $\tau$ , le gain statique K et le temps de réponse à 5% Enoncer les nombreux dispositifs industriels qui peuvent se modéliser sous la forme d'un premier ordre	C1	F2 F4		X	X	On s'appuiera sur les acquis du système R-C On utilisera la forme normalisée : $\tau \frac{dy}{dt} + y = K \cdot x$ Bien évidemment on peut employer les symboles e(t) et s(t) Evoquer les vannes, certains systèmes thermiques...
1.1.6.2 Systèmes modélisés par une équation différentielle du second ordre	Déterminer la réponse indicielle Déterminer, en fonction du coefficient d'amortissement $\lambda$ , le premier dépassement D1% Enoncer qu'une boucle de régulation en chaîne fermée peut souvent se modéliser sous la forme d'un second ordre	C1	F2 F4		X X		On s'appuiera sur les acquis du système R-L-C On utilisera la forme normalisée : $\frac{1}{\omega_0^2} \cdot \frac{d^2y}{dt^2} + 2 \frac{\lambda}{\omega_0} \cdot \frac{dy}{dt} + y = K \cdot x$ Mettre en évidence cette propriété sur une boucle proche du «pompage»

PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
1.1.6.3 Systèmes modélisés sous les formes de Strejc et Broïda	Enoncer qu'il existe deux autres modèles en régulation, pour des systèmes naturellement stables à réponse indicielle apériodique, Déterminer la réponse indicielle de ces deux modèles de représentation	C1	F2 F4	X			Ces systèmes seront définis par leur fonction de transfert Evoquer les systèmes thermiques et les durées de transfert d'énergie
1.1.6.4 Systèmes intégrateurs	Enoncer que si un système n'est pas naturellement stable, il est intégrateur Enoncer les trois modèles possibles Définir le gain dynamique k Déterminer les réponses indicielles de ces trois modèles Enoncer les dispositifs industriels pouvant se modéliser sous la forme d'un système intégrateur	C1	F2 F4	X X		X	Poser la problématique expérimentalement sur une maquette de régulation de niveau liquide Le gain dynamique k (en s <sup>-1</sup> ou min <sup>-1</sup> ) sera défini comme l'inverse de la constante de temps d'intégration du système. Ces systèmes seront définis par leur fonction de transfert (cf 2.1.2)
1.1.7 Etude des réponses fréquentielles des systèmes							
1.1.7.1 Fonctions de transfert isochrone	Ecrire les fonctions de transferts en notation complexe des modèles abordés précédemment Tracer les diagrammes de représentation de ces modèles	C1	F2		X		On ne fera pas une étude exhaustive des divers diagrammes, qui seront essentiellement abordés lors de l'étude de la stabilité. (lien avec le cours de physique appliquée)
1.1.7.2 Fonctions de transfert isomorphe	Ecrire les fonctions de transferts en notation de Laplace des modèles abordés précédemment Déterminer les réponses temporelles à diverses sollicitations	C1	F2	X		X	Faire le lien avec le cours de Mathématiques On se limitera aux réponses temporelles à un échelon ou une rampe
1.1.8 Commande en chaîne ouverte : influence des perturbations	Définir le point de fonctionnement, pour un générateur manuel de commande Définir l'écart statique Interpréter l'influence des perturbations sur cet écart	C1	F2		X		Le générateur peut être un régulateur ou non Le réseau de caractéristiques est supposé connu Le signal de commande sera noté Y <sub>R</sub>
<b>1.2 Systèmes commandés en chaîne fermée</b>							
1.2.1 Structure de principe d'une boucle de commande	Mettre en évidence la nécessité d'établir la commande à partir de l'écart de la mesure par rapport à la consigne	C1	F2	X			La consigne sera notée W, la mesure M ou X
1.2.2 Etudes statiques et dynamiques des systèmes bouclés	Définir le sens d'action d'un régulateur Choisir le sens d'action d'un régulateur <b>action proportionnelle</b> Définir l'amplification A ou la bande proportionnelle Xp Déterminer le lien entre ces grandeurs et l'écart statique Déterminer le lien éventuel entre ces grandeurs et le comportement dynamique Interpréter le rôle d'un talon ajustable <b>action intégrale</b> Enoncer la nécessité d'une action intégrale pour obtenir un écart statique nul Définir le temps d'action intégral Ti Déterminer le lien entre cette grandeur et les performances de la boucle <b>action dérivée</b> Enoncer le rôle de cette action pour certains systèmes Définir le temps d'action dérivée Td Déterminer le lien entre cette grandeur et les performances temporelles	C2  C3	F2 F6A3	X  X	X  X  X	X  X  X	A partir de la caractéristique Y <sub>R</sub> =f(M) du régulateur Le réseau de caractéristiques du système est supposé connu Le sens d'action sera lié à sa représentation sur un schéma fonctionnel Etablir la relation Xp= 100 / A  Définir le coefficient d'action intégrale Ki égal à 1 / Ti ou A / Ti selon la structure (cf 1.2.4)  Evoquer la dérivée sur écart ou sur mesure Définir le coefficient d'action dérivée Kd égal à Td ou A . Td selon la structure (cf 1.2.4)



PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
	<b>boucle de régulation</b> Etablir les fonctions de transfert en chaîne fermée : - liant la mesure à la consigne - liant la mesure à une perturbation Etablir les relations entre les différentes grandeurs	C1			X X X		Les fonctions de transfert seront notées : C(p) pour le correcteur , H(p) pour le système F(p) et F <sub>z</sub> (p) en chaîne fermée T(p) = C(p) . H(p) en chaîne ouverte
1.2.3 Exemples simples de boucles de régulation	Déterminer le comportement d'une boucle de régulation après passage en automatique Relever l'évolution de la mesure à un changement de consigne et à une évolution d'une perturbation Dégager l'influence des paramètres de réglages et d'éventuelles saturations : saturation de la grandeur réglante, saturation de l'action intégrale...	C3	F2		X  X	X X	On utilise des logiciels de simulation et de petites maquettes didactiques L'élève réalise les câblages de l'appareillage de mesure et de régulation
1.2.4 Régulateurs industriels : formes P, PI ,PID ; structures série, mixte, parallèle	Définir les trois structures de régulateurs PID Enoncer que, sur un régulateur industriel, l'action dérivée possède un terme de filtrage. Enoncer son influence sur les performances Configurer totalement un régulateur industriel Mettre en oeuvre ce régulateur sur un procédé réel à caractère industriel Déterminer un réglage optimal, en fonction de divers critères, notamment au niveau de la prévention des risques professionnels	C2 C3 C6	F1 F2 F3 F6A3	X X		X X X	Les structures mixte et parallèle sont à privilégier Connaître le rôle du gain transitoire On précise les problèmes de commutation : consigne interne, externe, suiveuse basculement Auto - Manu Mode «forçage»
1.2.5 Applications à l'appareillage de régulation	Enoncer que certains actionneurs sont eux-mêmes des systèmes bouclés	C1	F2	X			Faire le lien avec le cours d'Instrumentation Réglage d'un positionneur de vanne

PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>2 Identification des processus</b>		<b>15 % environ</b>					
<b>2.1 Analyse temporelle en chaîne ouverte</b>							
2.1.1 Identification des systèmes du premier et du second ordre	Réaliser un enregistrement de la réponse indicielle d'une boucle Déterminer la constante de temps $\tau$ , le gain statique K et le temps de réponse à 5 % pour un premier ordre Déterminer le premier dépassement D1% et la pseudopériode pour le second ordre. Déduire le coefficient d'amortissement $\lambda$ et $\omega_0$	C3	F2 F4		X  X X	X	Procéder à un essai sur maquette industrielle L'identification peut être conduite à partir d'un enregistrement fourni à l'élève Utiliser la réponse indicielle d'une boucle de régulation sous amortie
2.1.2 Identification des systèmes naturellement stables : modèles de Strejc et Broïda	Réaliser un enregistrement de la réponse indicielle d'une boucle Prendre en compte les contraintes de sécurité (alarmes...) Déterminer le temps mort naturel du système Déterminer la constante de temps $\tau$ , le gain statique K et le temps mort d'identification T pour un modèle de Broïda Déterminer la constante de temps $\tau$ , le gain statique K et l'ordre n pour un modèle de Strejc	C2  C3	F2 F3 F4		X X X X	X X X	Procéder à un essai sur maquette industrielle L'identification peut être conduite à partir d'un enregistrement fourni à l'élève Pour le modèle de Broïda, distinguer la méthode de Broïda et celle de Ziegler et Nichols Utiliser les nomogrammes industriels
2.1.3 Identification des systèmes intégrateurs	Réaliser un enregistrement de la réponse indicielle d'une boucle Prendre en compte les contraintes de sécurité Déterminer le temps mort naturel du système Déterminer le gain dynamique k Déterminer la constante de temps $\tau$ pour un modèle de Broïda Déterminer la constante de temps $\tau$ et l'ordre n pour un modèle de Strejc	C2  C3	F2 F3 F4		X X X X	X X X	Procéder à un essai sur maquette industrielle L'identification peut être conduite à partir d'un enregistrement fourni à l'élève  Utiliser les nomogrammes industriels
<b>2.2 Analyse temporelle en chaîne fermée</b>							
2.2.1 Principe de la méthode	Enoncer les difficultés de la réalisation des essais en boucle ouverte (régulateur en Manuel), en particulier pour les systèmes intégrateurs Enoncer la méthode de l'échelon de consigne en chaîne fermée Déterminer le modèle de Strejc	C3	F2 F3 F4	X		X X	On place le régulateur en mode proportionnel, avec éventuellement un talon pour se placer au point de fonctionnement désiré
2.2.2 Cas particulier des systèmes intégrateurs	Déterminer le modèle de Strejc intégrateur, à partir de la réponse à un échelon de consigne d'amplitude limitée	C3	F2 F4		X	X	Utiliser un enregistrement expérimental

PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>3 Précision et stabilité d'une boucle</b>							<b>4 % environ</b>
3.1 Précision d'un système bouclé	Définir précision statique et précision dynamique. Déterminer l'évolution $\varepsilon(t)$ de l'écart de la mesure par rapport à la consigne consécutive à un changement de consigne et à une évolution d'une perturbation	C1	F2	X	X		On envisagera divers cas pour T(p)
3.2 Dilemme stabilité-précision	Montrer que la précision statique nécessite une action intégrale, qui déstabilise la boucle Enoncer que la précision dynamique est obtenue au détriment de l'amortissement du régime transitoire	C1	F2	X			On évoquera, sur un schéma fonctionnel, l'importance de la place de l'intégration par rapport à la perturbation, pour obtenir une précision statique parfaite
3.3 Erreurs stationnaires d'ordre n pour des systèmes de classe 0, 1, 2	Enoncer les principaux résultats théoriques Déduire le type de correcteur en fonction du système et des performances recherchées	C3	F2	X		X	
<b>3.4 Stabilité d'un système bouclé</b>							
3.4.1 Etude des racines de l'équation caractéristique, position des pôles d'une fonction de transfert	Aucune connaissance exigible	C3	F2 F3				Ces deux points ne doivent être abordés que pour faciliter les explications pédagogiques concernant des points précis : La notion de stabilité relative L'étude comparative des réglages
3.4.2 Critère algébrique de stabilité de Routh	Aucune connaissance exigible	C3	F2 F3				Se limiter au critère de Routh Utiliser le domaine de stabilité permet de bien voir l'influence de la structure du régulateur et permet de justifier certains aspects de l'action dérivée L'utilisation de l'équation caractéristique peut être l'occasion d'évoquer le réglage de Naslin, qui n'est pas au programme
<b>3.4.3 Critère isochrone</b>							
3.4.3.1 Analyse harmonique en chaîne ouverte. Définition, lieux de Nyquist, de Black, de Bode	Tracer les diagrammes de la fonction de transfert $T(j\omega) = C(j\omega) \cdot H(j\omega)$ en chaîne ouverte pour les associations : $C(j\omega)$ = correcteurs PID $H(j\omega)$ = fonctions de transfert complexe des modèles abordés précédemment	C1	F2 F3		X		Le diagramme de Nyquist ne sera qu'évoqué à titre historique Le diagramme de Bode est surtout utilisé en électronique On privilégiera le diagramme de Black
3.4.3.2 Critère simplifié du revers	Enoncer le lien entre le lieu de $T(j\omega)$ dans un diagramme et la position du point critique	C1	F2	X			Evoquer les diagrammes de Nyquist et de Black
3.4.3.3 Passage de la chaîne ouverte à la chaîne fermée. Abaques	Enoncer le lien entre la fonction de transfert $F(j\omega)$ en chaîne fermée et la fonction de transfert $T(j\omega)$ en chaîne ouverte Prédéterminer les performances en chaîne fermée à partir de $T(j\omega)$	C1	F2 F3	X		X	Utiliser les courbes isomodule et isophase de Nichols sur un diagramme de Black
3.4.3.4 Marges de stabilité. Influence sur les performances en chaîne fermée	Définir les marges de gain et de phase Déterminer ces marges sur un diagramme Enoncer les liens entre les marges de stabilité et les performances en chaîne fermée, en liaison avec la notion de robustesse	C1 C3	F2 F3	X X		X	Les autres marges sont explicitement hors programme On utilisera la similitude entre les réponses indicielles d'un second ordre sous amorti et celle de la chaîne fermée

PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>4 Réglages</b>							<b>7 % environ</b>
<b>4.1 Réponses des procédés</b>							
4.1.1 Etude de l'association d'un système, avec ou sans intégration, avec les différents types de régulateur : P, PI, PD, PID	Câbler une boucle de régulation Configurer un régulateur industriel Procéder à des essais sur la boucle Mettre en oeuvre cette boucle, dans les conditions d'exploitation	C2 C3 C5	F1 F2			X X X X	La maquette utilisée est à câbler la configuration peut se faire au moyen de la face avant ou par l'intermédiaire d'un PC et d'un logiciel adéquat, dispositif qui permet par ailleurs des enregistrements plus aisés
4.1.2 Evolution des grandeurs réglée et réglante	Enregistrer expérimentalement l'évolution de ces grandeurs	C3	F2 F3			X	Utiliser un micro-ordinateur et un logiciel adéquat pour enregistrer toutes les grandeurs
4.1.3 Influence des différentes actions dans les domaines temporel et fréquentiel	Interpréter les courbes obtenues Déterminer le lien entre le lieu de $T(j\omega)$ dans un diagramme et les performances temporelles de la boucle	C3	F2 F3		X	X	Utiliser des enregistrements expérimentaux
4.1.4 Applications à des cas réels simples : régulation de pression, débit, niveau, température	Mettre en oeuvre des boucles de régulation, dans les conditions d'exploitation d'une installation industrielle	C3 C6 C5	F1 F2			X	Utiliser des maquettes industrielles (maquette pré-cablées) L'étude en TP sera synchronisée avec les connaissances acquises en Instrumentation
<b>4.2 Critères de réglage</b>							
4.2.1 Réglage de stabilité. Méthodes de Broïda, de Ziegler et Nichols	Montrer la possibilité de déterminer un réglage PID à partir des marges de stabilité, dans une représentation quelconque (Bode...) Déterminer un réglage PID à partir de tables de réglage	C3 C6	F2	X		X	Evoquer le coefficient de réglabilité $T/\tau$ pour un modèle de Broïda
4.2.2 Réglage qualitatif (en fonction de performances désirées)							
4.2.2.1 Notion de fonction de coût et de régulation optimale	Enoncer qu'il est possible de déterminer un réglage à partir d'un objectif qualitatif donné, en citant quelques critères	C3 C6	F2	X			Evoquer les critères ITAE... Insister sur les critères amortissement ou premier dépassement
4.2.2.2 Notion de modèle de référence. Application à la détermination d'un correcteur spécifique	Enoncer qu'on peut définir un réglage qualitatif en se donnant la fonction de transfert désirée en chaîne fermée $F(p)$ Déterminer un correcteur, à partir d'un modèle de référence	C3 C6	F2	X		X	Savoir retrouver le correcteur PI pour un premier ordre et le correcteur PID pour un modèle de Broïda avec un temps mort T faible
4.2.2.3 Correcteur spécifique d'un système à grand temps mort	Déterminer un correcteur de Smith pour un modèle de Broïda avec un temps mort important Mettre en oeuvre cette stratégie sur un SNCC Mettre en évidence la robustesse de ce correcteur	C3 C6	F1 F2			X X	On pourra utiliser un logiciel de simulation On abordera les diverses formes équivalentes

PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>5 Correcteurs industriels</b>							<b>2 % environ</b>
5.1 Notions sur les correcteurs autoréglants et autoadaptatifs	Enoncer les divers modes d'autoréglage industriel Enoncer les divers modes d'autoadaptation en temps réel	C3	F1 F2	X X			Savoir déterminer un réglage à partir des oscillations TOR
5.2 Notions sur les correcteurs flous	Enoncer les principes de la correction floue (aucun calcul n'est exigible)	C3	F1 F2	X			Utiliser la documentation industrielle
5.3 Notions sur les autres formes de correcteurs	Enoncer le principe des correcteurs prédictifs (aucun calcul n'est exigible)	C3	F1 F2	X			Utiliser la documentation industrielle
<b>6 Régulation discontinue</b>							<b>4 % environ</b>
6.1 Régulateurs à deux plages	Enoncer les performances de la régulation TOR Pouvoir préconiser une régulation TOR Enoncer l'influence de l'hystérésis Mettre en oeuvre une régulation TOR	C2 C3	F1 F2	X X	X	X	Evoquer qu'une telle régulation peut être implémentée dans un API
6.2 Régulateur à trois plages	Enoncer les conditions d'emploi d'une telle régulation Enoncer l'influence de la zone neutre Mettre en oeuvre une régulation à trois plages	C2 C3	F1 F2	X X		X	Insister sur la régulation chaud/froid
6.3 Régulation modulée	Pouvoir préconiser un tel mode de signal de commande Enoncer l'influence de la durée du cycle de modulation Mettre en oeuvre une régulation à sortie modulée	C2 C3	F1 F2	X X	X	X	Evoquer qu'une telle régulation peut être implémentée dans un API et permet d'éviter l'emploi d'une vanne progressive
6.4 Critères de choix d'un régulateur discontinu	Pouvoir choisir une régulation discontinue en fonction : - du mode d'action - des performances dynamiques du procédé	C2 C3	F1 F2		X X		Raisonnement sur le coefficient de réglabilité $T/\tau$ pour un modèle de Broïda

PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES	
<b>7 Etude d'ensembles complexes</b> Synthèse sur les diverses stratégies de régulation : Applications au contrôle-commande d'installations complexes, telles que : chaudières, fours, colonnes de distillation, réacteurs...							<b>28 % environ</b>	
7.1 Régulation en chaîne fermée	Enoncer les limites d'emploi des boucles de régulation en chaîne fermée : - difficulté de réglage en fonction du coefficient $T/\tau$ pour un modèle de Broïda - robustesse insuffisante pour les systèmes fortement perturbés	C2 C3 C6	F1 F3 F6	X			On ne fera pas, en travaux pratiques, l'étude de l'intégralité des diverses stratégies évoquées. On se limitera à deux ou trois, en privilégiant les réalisations sur SNCC	
7.2 « Régulation » en chaîne ouverte (régulation de tendance)	Enoncer les conditions d'emploi d'une régulation en chaîne ouverte Enoncer les limites d'une telle stratégie Mettre en oeuvre industriellement une telle stratégie	C2 C3 C6	F1 F3 F6	X X		X	On exploitera au mieux les possibilités d'enregistrement du logiciel superviseur utilisé pour la mise en oeuvre du SNCC	
7.3 Régulation mixte (chaîne fermée et chaîne ouverte)	Enoncer les conditions d'emploi d'une régulation mixte Déterminer un correcteur dynamique à Avance / retard Déterminer un correcteur statique Mettre en oeuvre industriellement une telle stratégie	C2 C3 C6	F1 F3 F6	X	X X	X	Pour chaque stratégie, on évoquera les réalisations industrielles, si possible à partir de problèmes rencontrés par des élèves en cours de stage	
7.4 Régulation adaptative	Prendre en compte les non-linéarités d'un système industriel Mettre en oeuvre industriellement une telle stratégie	C2 C3 C6	F1 F3 F6		X	X	Utiliser un bloc fonction dans un SNCC	
7.5 Régulation cascade	Enoncer les conditions d'emploi d'une régulation cascade Distinguer les deux types de régulation cascade Mettre en oeuvre industriellement une telle stratégie	C2 C3 C6	F1 F3 F6	X	X	X	Cascade sur grandeur réglante et cascade sur grandeur intermédiaire. Insister sur la mise en oeuvre industrielle et les problèmes de conduite	
7.6 Régulation de rapport (ou de proportion)	Enoncer les conditions d'emploi d'une régulation de rapport Distinguer les diverses réalisations Mettre en oeuvre industriellement une telle stratégie	C2 C3 C6	F1 F3 F6	X	X	X	Utiliser un SNCC	
7.7 Régulation parallèle (override ou de limitation)	Enoncer les conditions d'emploi d'une régulation parallèle Distinguer les diverses réalisations Mettre en oeuvre industriellement une telle stratégie	C2 C3 C6	F1 F3 F6	X	X	X	Evoquer essentiellement les réalisations utilisant un sélecteur de plus petit ou de plus grand Evoquer la synchronisation possible de deux régulateurs sur un SNCC	
7.8 Régulation à deux grandeurs réglantes (split range)	Enoncer les conditions d'emploi d'une régulation à échelle partagée Distinguer les diverses réalisations Mettre en oeuvre industriellement une telle stratégie	C2 C3 C6	F1 F3 F6	X	X	X	Evoquer le fait que le partage d'échelle peut être réalisé par un module interne au régulateur, celui-ci ayant deux sorties	

### Cours de régulation numérique

Ce cours de régulation numérique à pour but d'étudier la mise en oeuvre d'un système de contrôle-commande industriel (SNCC) en faisant apparaître les possibilités présentes et futures de ces dispositifs, tant du point de vue de la conduite que du point de vue des stratégies de régulation

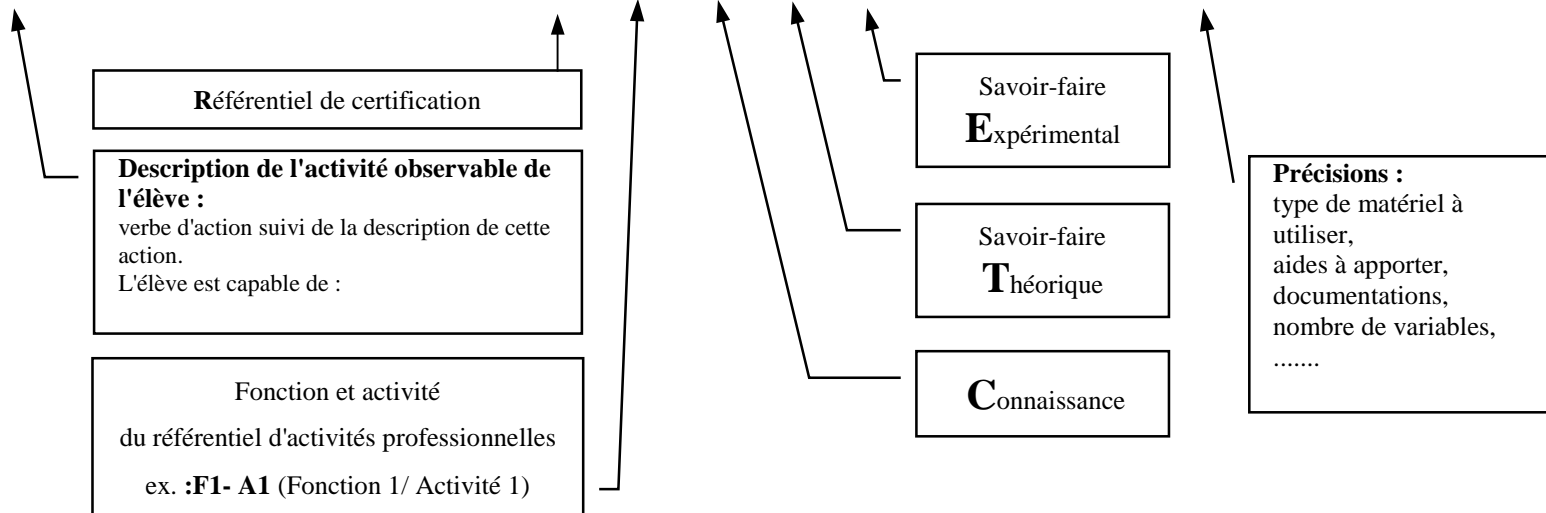
PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>8 Systèmes numériques de contrôle-commande</b>							<b>8 % environ</b>
8.1 Organisation générale	Enoncer la structure matérielle d'un SNCC Définir la structure logicielle, l'organisation et les fonctionnalités d'un superviseur industriel	C2 C3	F1	X X			Utiliser un dispositif industriel
8.2 Interfaces avec le site et avec l'opérateur	Déterminer les modules nécessaires pour relier un SNCC à un procédé Paramétrer ces modules Définir la structure logicielle permettant le dialogue Homme/Machine, et souligner l'importance de ce facteur dans la sécurité des systèmes Mettre en oeuvre des liens dynamiques entre un synoptique et un SNCC	C2 C3 C6	F1 F6	X X	X X	X X	Bien faire la distinction entre le logiciel de configuration et le logiciel de supervision nécessaire à la conduite Utiliser un logiciel superviseur industriel, intégré ou non Travailler éventuellement en réseau
8.3 Mise en oeuvre : configuration conduite	Implanter une stratégie de régulation par chaînage d'opérateurs Régler et mettre au point l'ensemble Etudier les dispositifs de sécurité Démarrer et conduire l'installation	C2 C3 C6 C5	F1 F2 F3 F6	X X X X	X X X X	X X X X	Mettre en oeuvre des réalisations industrielles (cf 7) Utiliser un logiciel superviseur, éventuellement intégré au logiciel de configuration
<b>8.4 Système centralisé multi-tâche</b>							
8.4.1 Notion sur le moniteur temps réel	Enoncer le principe d'un système d'exploitation multi-tâches	C1	F1	X			
8.4.2 Notion de langage évolué : programmation	Mettre en oeuvre un langage de programmation, pour la réalisation de séquences de fabrication discontinue (langage batch).	C3	F1 F2		X X	X X	

PROGRAMME	CAPACITÉS	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
<b>9 Régulation en temps discret</b>							<b>4 % environ</b>
9.1 Systèmes discrets Discrétisation par échantillonnage	Enoncer la structure d'un système discret Evoquer le rôle d'un bloqueur Déterminer la représentation temporelle d'un signal discret	C1	F1 F2	X X		X	On s'appuiera au mieux sur les acquis du cours de physique appliquée On évitera un exposé dogmatique
9.2 Transformée en "z" Equations aux différences	Définir la transformée de Laplace d'un signal discret Etudier une boucle de régulation en temps discret Discrétiser une fonction de transfert «analogique» Déterminer une équation récurrente à partir d'une fonction de transfert en "z" Implémenter une équation récurrente Enoncer que les blocs «analogiques» disponibles dans un SNCC le sont sous forme d'une équation récurrente exacte ou approchée	C2  C3	F1 F2	X X X		X	Le but principal de cet enseignement est de favoriser l'adaptabilité d'un élève aux problèmes suivants : - choix d'une période de scrutation - adaptation d'un réglage si $T_e$ est important - réalisation d'un bloc par son équation récurrente On pourra utiliser un langage de programmation, un API ou un SNCC
9.3 Influence de la période d'échantillonnage	Enoncer l'influence de $T_e$ sur la stabilité d'une boucle en temps discret Spécifier les plages où l'on peut ignorer l'échantillonnage, par rapport à la dynamique du procédé	C2 C3	F1 F2	X X			Se limiter au régulateur PI
9.4 Forme discrète d'un régulateur PID	Déterminer l'équation récurrente à partir de sa fonction de transfert en "z", obtenue par discrétisation de la fonction de transfert « analogique »	C2 C3	F1 F2		X		
9.5 Application à la commande optimale.	Déterminer un correcteur par modèle de référence : correcteur à réponse plate...	C2	F1 F2		X		Utiliser un logiciel de simulation



## Discipline : AUTOMATISMES & LOGIQUE

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES



## PREAMBULE

Cette partie de l'enseignement du CIRA correspond aux "automatismes à traitement logique" qui sont utilisés dans les industries mettant en œuvre des fluides ou des poudres (chimie, pétrole, pharmacie, agro-alimentaire...) pour réaliser :

- les sécurités, dans tous les cas
- des productions en semi-continu (procédés dits "batch" en anglais)
- la sûreté et la disponibilité des systèmes de production
- une aide aux interventions de maintenance, particulièrement dans l'arrêt et le démarrage des installations

Ceci exige la connaissance de la technologie associée ainsi que la maîtrise des outils et méthodes d'analyse, de conception, de mise en œuvre et de communication adéquats.

L'enseignement, réparti sur deux années scolaires en fonction des choix pédagogiques de l'équipe CIRA, est donc axé sur l'acquisition de savoirs et savoir-faire, tant théoriques qu'expérimentaux, et nécessite donc une complémentarité entre cours et travaux pratiques d'une part, entre les composantes de l'ensemble du CIRA d'autre part.

On aura à l'esprit à tout moment le caractère spécifique de cette composante du CIRA qui diffère fortement de ce qui s'enseigne d'autres BTS (Il faut exclure en particulier les fonctions de l'usinage, de la commande de machines-outils et de montage...). Les différences tiennent aux procédés commandés, à certains matériels mis en œuvre et aux méthodes de travail. C'est ainsi que dans la mesure du possible on s'efforcera d'automatiser en travaux pratiques de petites maquettes comportant des transmetteurs et des actionneurs spécifiques au CIRA et qu'on se servira avec profit de certains comptes-rendus d'étude sur site des années antérieures pour trouver des exemples que l'on pourra utiliser en cours, en les simplifiant si besoin est.

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.

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
INITIATION A LA COMMANDE DES SYSTEMES AUTOMATISES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir un système automatisé.</li> <li>• Déterminer si un procédé (ou une partie de procédé) relève d'un traitement logique.</li> <li>• Définir la place d'un automatisme dans l'ensemble d'un système.</li> </ul>	C12		X	X		On évoquera la nature de la transmission des informations.

## I-LOGIQUE

**25 %  
environ**

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
LOGIQUE COMBINATOIRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Citer les fonctions logiques de base.</li> <li>Etablir leur table de vérité.</li> <li>Simplifier une équation logique.</li> <li>Elaborer un logigramme à partir d'un cahier des charges.</li> <li>Analyser le fonctionnement d'un logigramme et le tester.</li> <li>Modifier un logigramme en vue d'une amélioration.</li> </ul>	C21  C12	F1A2  F2A4  F3A2	X	X  X  X	X  X	<p>ET, OU, NON. Le OU exclusif n'est pas un opérateur de base, mais doit être connu.</p> <p>En respect des normes NF C 03212 et CEI 617-12.</p> <p>On pourra utiliser le tableau de Karnaugh.</p> <p>On se limitera à la commande électrique à contacts ou à l'utilisation de blocs fonctionnels ; à l'utilisation d'un A.P.I. ou d'un logiciel de simulation (voir III). On n'utilisera pas de circuits électroniques ou de cellules pneumatiques, ces technologies étant inadaptées.</p>
LOGIQUE SEQUENTIELLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faire la différence entre un niveau logique et un front.</li> <li>Etablir des chronogrammes.</li> <li>Analyser un automatisme par chronogramme.</li> <li>Elaborer un logigramme à partir d'un cahier des charges.</li> <li>Analyser le fonctionnement d'un logigramme et le tester.</li> </ul>	C21  C12	F1A2  F2A4 F6A1	X	X  X X	X	<p>On se limitera aux bascules RS et SR asynchrones et des opérateurs à retard (temporisateurs et monostables).</p> <p>En respect de la norme NF C 03212.</p> <p>Souligner l'influence sur la sécurité d'un process.</p>
NUMERATION ET CODIFICATION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Citer les principaux codes utilisés.</li> <li>Transcoder et utiliser des codeurs et des décodeurs.</li> </ul>	C21	F1A2	X	X	X	<p>On se limitera au binaire naturel, au binaire réfléchi (code Gray), au BCD, à l'hexadécimal et à l'ASCII. On s'intéressera à la représentation des entiers, des nombres signés et des nombres décimaux.</p> <p>On se limitera aux transcodages décimal/binaire (naturel, réfléchi ou BCD) et binaire naturel/ hexadécimal.</p>
OPERATIONS NUMERIQUES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réaliser des opérations logiques sur mot.</li> <li>Réaliser des opérations arithmétiques.</li> <li>Utiliser des compteurs et des décompteurs.</li> <li>Utiliser des variables indexées pour gérer une table.</li> </ul>	C21	F1A5	X X X	X X X	X X	<p>On se limitera à une étude fonctionnelle des opérations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- masquage (ET, OU, et OU exclusif bit à bit), décalage, rotation</li> <li>- addition, soustraction</li> <li>- comptage et décomptage avec préposition</li> </ul> <p>et à l'utilisation sur un A.P.I. On n'utilisera pas la technologie électronique qui est inadaptée et donc on ne réalisera pas de compteur synchrone.</p> <p>Gestion de recettes, de procédés batch.</p>

**25 %  
environ**

## II – OUTILS - METHODES

PROGRAMME	CAPACITES	CR	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
GRAFCET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître les principes de base.</li> <li>• Définir les structures de base.</li> <li>• Elaborer un GRAFCET à partir d'un cahier des charges précis.</li> <li>• Appliquer les normes en vigueur.</li> <li>• Assurer la coordination entre plusieurs graphes.</li> <li>• Hiérarchiser un ensemble de GRAFCET.</li> </ul>	C21	F1A2 F1A2 F1A2 F1A2 F1A6	X X	X X X		<p>Etapes, transitions, règles d'évolution...</p> <p>Sélection de séquence, séquences simultanées, sous-séquences, forçage.</p> <p>En respect des normes NFC 03-190, UTE C03-190 et UTE C03-191</p>
G.E.M.M.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplir une grille G.E.M.M.A. pour décrire les modes de marche et d'arrêt d'une installation.</li> <li>• Passer d'une grille G.E.M.M.A. aux graphes décrivant les divers modes et à celui assurant la coordination.</li> </ul>	C21	F1A1 F1A2		X X		Le GEMMA est un outil de formation, son utilisation ne sera pas évaluée à l'examen.
ORGANIGRAMMES ET PROCEDURES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir un organigramme pour traiter les données.</li> <li>• Utiliser les notions de sous-programme : fonction et procédure.</li> </ul>	C21	F1A6 F1A6		X X		Aucun passage de paramètre formel n'est exigible à l'examen.

### III – TECHNOLOGIE

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
CAPTEURS : électrique, pneumatique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier ces éléments sur un schéma et dans un système.</li> <li>• Etre capable de faire un choix en fonction des contraintes technico-économiques et de sûreté de fonctionnement.</li> <li>• Associer une entrée logique ou analogique ou numérique à un capteur.</li> </ul>	C13 C22 C24	F3A1 F1A3 F6A1 F6A3 F1A3		X  X	X	<p>Capteurs axés régulation étudiés en Instrumentation (niveau, débit...).</p> <p>L'automatisme reçoit du capteur un signal normalisé. L'étude des transmetteurs est faite en Instrumentation.</p>
PREACTIONNEURS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier ces éléments sur un schéma et dans un système.</li> <li>• Etre capable de faire un choix en fonction des contraintes technico-économiques et de sûreté de fonctionnement.</li> <li>• Associer une sortie logique ou analogique ou numérique à un préactionneur.</li> </ul>	C13 C22 C24	F3A1 F1A3 F6A1 F6A3 F1A3		X  X	X	<p>On se limitera à la fonction réalisée.</p> <p>Les pré-actionneurs hydrauliques ne sont pas au programme.</p> <p>L'automatisme fournit un signal au préactionneur.</p>
AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir la structure matérielle d'un A.P.I.</li> <li>• Recenser les objets (bits et mots) disponibles et les opérations possibles.</li> <li>• Déterminer la structure du programme.</li> <li>• Programmer un A.P.I. en langage à contacts.(LD)</li> <li>• Programmer un GRAFCET sur A.P.I. possédant une implémentation du GRAFCET.</li> <li>• Transcrire un GRAFCET dans un A.P.I. ne disposant pas d'une implémentation du GRAFCET.</li> <li>• Programmer un organigramme sur A.P.I.</li> <li>• Utiliser un module PID sur un A.P.I.</li> </ul>	C24 C31 C33 C34	F1A6	X	X  X  X  X	X	<p>On n'entrera pas dans le détail du fonctionnement de l'U.C.</p> <p>Choisir les modules et l'architecture.</p> <p>Ne pas oublier de programmer des GRAFCET de sécurité et de commande.</p> <p>On tendra à utiliser des automates possédant le langage SFC</p> <p>En respect de la norme CEI 1131-3.</p> <p>L'utilisation du langage structuré (ST) n'est pas au programme de l'examen.</p> <p>On se bornera à montrer comment on réalise un régulateur sur un A.P.I. en se limitant à une seule chaîne de régulation fermée simple dont on connaît les réglages. On se limitera à vérifier que la régulation fonctionne, sans chercher à en améliorer les performances. On montrera comment réaliser le passage auto/manu et que la consigne peut être calculée par l'automate (par exemple : rampe).</p>

**10 %  
ENVIRON**

#### IV - COMMUNICATION DANS UN ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
LIAISONS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relier deux appareils par une liaison point à point ou multipoints en utilisant les normes en vigueur et tester cette liaison.</li> </ul>	C22	F1A3	X		X	Liaisons RS 232, RS 422/485, contrôle de parité. On ne fera aucune mesure électrique.
RESEAUX LOCAUX	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifier une topologie physique.</li> <li>Identifier une méthode d'accès.</li> <li>Connaître les différents supports.</li> <li>Traduire les termes techniques d'une documentation réseau.</li> <li>Analyser un protocole d'échange et la structure d'une trame.</li> <li>Relier des appareils à l'aide d'un réseau industriel et en tester le fonctionnement.</li> </ul>	C12 C22	F1A3 F1A3 F1A3 F1A5 F1A5 F1A5	X X X X X	X X	X	Bus, étoile, anneau. Maître-esclave, jeton, contention (collisions). Paire torsadée, câble coaxial, fibre optique. Connaissance du modèle OSI (Couches 1, 2, 3, 7). Le rôle de la clé de contrôle (CRC ou autre) devra être connu sans que l'on en exige le calcul. Se limiter à deux ou trois appareils et à un réseau simple (par exemple : MODBUS, PROFIBUS...)

10 %  
environ

## V – FONCTIONS POUR LA SURETE DES SYSTEMES

La prévention des risques est une préoccupation permanente et les capacités suivantes sont intégrées naturellement dans l'enseignement.

PROGRAMME	CAPACITES	RC	RAP	C	T	E	CONDITIONS, COMMENTAIRES
SECURITE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser une séquence d'une alarme sur une installation.</li> <li>• Organiser ou modifier une installation afin d'assurer les auto-contrôles et les redondances nécessaires à la sécurité pour la partie opérative et la partie commande d'un automatisme.</li> <li>• Modifier un cahier des charges afin que les procédures d'arrêt et de démarrage assurent la sécurité.</li> </ul>	C61	F6A2 F6A3		X  X	X X X	Directives européennes 89/392 et autres. Normes EN 954-1, EN 981, EN 1037 Choix de capteurs et d'actionneurs. Choix d'automates (y compris de sécurité). Choix de relais de sécurité. Caractéristiques d'un câblage de sécurité (FMA-OMA, NF-NO....)
MAINTIEN DE LA PRODUCTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborer des procédures de recherche de dysfonctionnement.</li> <li>• Organiser une redondance des éléments d'une boucle.</li> </ul>	C52	F4A2		X X	X X	Notion de discordance : différence entre un état attendu et état réel. A.P.I., capteurs, actionneurs.
SUPERVISION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en œuvre des liens dynamiques entre un synoptique et un A.P.I.</li> </ul>	C24	F1A5			X	On utilisera un logiciel superviseur pour A.P.I. pour réaliser un synoptique animé d'une séquence d'automatisme comportant des alarmes et une signalisation de défauts.

## **Unités constitutives**



**Langue vivante étrangère : anglais**  
**U1**

**- Définition de l'unité de langue vivante étrangère : anglais**

L'unité englobe l'ensemble des capacités et compétences incluses dans le référentiel.

Dans l'unité de langue vivante figurent trois axes fondamentaux :

1°) Les objectifs essentiellement professionnels qui impliquent la maîtrise de la langue vivante étrangère en tant que langue véhiculaire ou non.

2°) Les compétences fondamentales :

- compréhension orale d'informations à caractère professionnel
- expression orale : langue de communication, conversations de type simple au téléphone...

3°) Les connaissances :

- les bases linguistiques du programme des classes terminales
- la morpho-syntaxe de la langue utilisée dans les situations professionnelles ciblées
- terminologie, lexique du domaine professionnel.

<b>Mathématiques</b> <b>U2</b>
-----------------------------------

**- Définition de l'unité de mathématiques**

L'unité de mathématiques englobe l'ensemble des capacités du domaine des mathématiques pour les brevets de technicien supérieur établies par l'arrêté du 30 mars 1989 (BO n° 21 du 25 mai 1989).

**Chimie-physique industrielles**  
**U31**

**- Définition de l'unité de chimie-physique industrielles :**

L'unité chimie-physique industrielles englobe l'ensemble des objectifs, capacités, compétences et savoir-faire précisés dans le présent référentiel de certification et notamment la capacité C11 «analyser et comprendre un procédé».

<b>Physique appliquée</b> <b>U32</b>
---

**- Définition de l'unité de physique appliquée :**

L'unité physique appliquée englobe l'ensemble des objectifs, capacités, compétences et savoir-faire précisés dans le présent référentiel de certification et notamment la capacité C11 « analyser et comprendre un procédé ».

Plus spécifiquement l'enseignement de physique appliquée vise à :

- développer une habilité expérimentale et donner une bonne maîtrise des règles de sécurité électrique (certifier à la prévention du risque électrique).
- donner une culture technique et scientifique permettant une bonne appréhension de l'instrumentation actuelle en intégrant des notions de traitement du signal.

<b>Instrumentation et régulation</b> <b>U41</b>
--

**- Définition de l'unité d'instrumentation et régulation :**

L'unité d'instrumentation et régulation englobe l'ensemble des objectifs, capacités, compétences et savoir-faire précisés dans le présent référentiel de certification et notamment les capacités C12 « analyser et comprendre la partie de contrôle-commande de l'installation » et C13 « analyser et comprendre l'appareillage » et partiellement la capacité C21 « proposer un schéma de contrôle-commande »

<b>Automatismes et logique</b> <b>U42</b>
--

**- Définition de l'unité d'automatismes et logique :**

L'unité d'automatismes et logique englobe l'ensemble des objectifs, capacités, compétences et savoir-faire précisés dans le présent référentiel de certification et notamment les capacités C12 « analyser et comprendre la partie de contrôle-commande de l'installation » et C13 « analyser et comprendre l'appareillage ».

<p><b>Epreuve pratique CIRA</b> <b>U5</b></p>
---

**- Définition de l'unité d'épreuve pratique CIRA :**

L'unité épreuve pratique CIRA englobe l'ensemble des objectifs, capacités, compétences et savoir-faire précisés dans le présent référentiel de certification et notamment les capacités C21 « proposer un schéma de contrôle-commande, C22 « choisir le matériel et le mettre en œuvre », C31 « établir et mettre en œuvre un protocole : - de vérifications et d'essais - d'intervention » et C33 « prérégler et assurer le démarrage ».

<b>Epreuve professionnelle de synthèse</b> <b>U6</b>
---

**- Définition de l'unité épreuve professionnelle de synthèse :**

L'unité de l'épreuve professionnelle de synthèse englobe l'ensemble des objectifs, capacités, compétences et savoir-faire précisés dans le présent référentiel de certification et notamment les capacités C21 « proposer un schéma de contrôle-commande, C22 « choisir le matériel et le mettre en œuvre », C31 « établir et mettre en oeuvre un protocole : - de vérifications et d'essais - d'intervention », C4 « communiquer et informer » et C33 « prérégler et assurer le démarrage ».



## **ANNEXE II**

### **STAGE EN MILIEU PROFESSIONNEL**

## PREAMBULE

Afin de mettre en oeuvre et de développer des compétences autres que les compétences scolaires, tous les candidats préparant le B.T.S contrôle industriel et régulation automatique reçoivent une partie de leur formation en entreprise : les futurs techniciens s'y trouvent au contact d'installations industrielles complexes dans des conditions réelles d'exploitation et y découvrent toute l'importance des relations sociales et humaines dans l'exercice de la profession.

En conséquence, les étudiants des établissements scolaires préparant ce B.T.S accomplissent un stage de formation à temps plein dans une ou plusieurs entreprises, publiques ou privées, dans un service d'instrumentation ou d'exploitation mettant en oeuvre des installations automatisées relatives à des processus physico-chimiques. Ce stage dont la durée totale est de 12 semaines s'effectue à la charnière de la première année et de la seconde année de formation.

Le stage se voit assigner un objectif d'évaluation : tous les candidats, scolarisés ou non, rédigent un mémoire portant sur une étude effectuée durant leur activité professionnelle et l'épreuve professionnelle de synthèse du B.T.S C.I.R.A. porte sur une soutenance de ce mémoire.

Le stage se voit assigner des objectifs de formation pour les candidats scolarisés : l'exploitation de l'étude sur site effectuée durant le stage favorise le renforcement de l'interdisciplinarité sur la base d'objectifs professionnels et tous les professeurs intervenant dans la filière y trouvent matière à enrichir leur enseignement, que ce soit dans le domaine professionnel, dans le domaine scientifique ou encore dans les domaines de la communication (français et anglais).

Le stage doit permettre de valider au moins trois des capacités suivantes lors de l'épreuve professionnelle de synthèse :

- C21 : proposer un schéma de contrôle-commande ;
- C22 : choisir le matériel et le mettre en oeuvre ;
- C31 : établir et mettre en oeuvre un protocole : - de vérification et d'essais - d'intervention ;
- C32 : vérifier une conformité ;
- C33 : prérégler et assurer le démarrage ;
- C4 : communiquer et informer ;
- C6 : prévenir et protéger.

### A - OBJECTIFS

Compte tenu des problèmes très divers qui se posent au technicien en contrôle industriel et régulation automatique, tant au niveau des techniques que des domaines d'application, l'établissement ne peut prétendre les aborder dans leur ensemble : l'entreprise est le seul lieu où le stagiaire peut se trouver au contact d'installations industrielles complexes dans des conditions réelles d'exploitation.

En conséquence, les étudiants des établissements scolaires préparant le brevet de technicien supérieur contrôle industriel et régulation automatique accomplissent un stage de formation à temps plein dans une ou plusieurs entreprises, publiques ou privées, dans un service d'instrumentation ou d'exploitation mettant en oeuvre des installations automatisées relatives à des processus physico-chimiques. En fonction de l'entreprise d'accueil, il peut être souhaitable pour la formation du stagiaire, d'effectuer une partie de ce stage dans un bureau d'études.

Ce stage, par sa durée, introduit une expérience nouvelle et irremplaçable dans le cycle de formation des techniciens supérieurs. Il constitue un temps privilégié au cours duquel l'étudiant découvre toute l'importance des relations sociales et humaines dans l'exercice de sa profession et développe des compétences autres que les compétences scolaires.

L'activité professionnelle en entreprise doit permettre d'effectuer une étude sur site dans un service d'exploitation mettant en oeuvre des installations automatisées relatives à des processus physico-chimiques.

#### L'étude accomplie au cours du stage se voit assigner des objectifs de formation.

Il s'agit d'effectuer, dans des conditions réelles, un apprentissage aux activités fondamentales du technicien CIRA (conception, installation, mise en service, exploitation, maintenance d'une installation industrielle) :

- étude de l'appareillage, observation des équipements et prise de conscience des conditions de montage nécessaires à un bon fonctionnement en rapport avec les produits, la topographie des installations de fabrication et la prévention des risques professionnels ;
- intégration dans une équipe et exécution du travail demandé.

#### L'étude accomplie au cours du stage se voit assigner un objectif d'évaluation.

Une première évaluation de l'étude sur site conduit à une appréciation de synthèse signée du professeur chargé du suivi du stage et du maître de stage. Cette appréciation est portée à la connaissance des membres de la commission d'évaluation de l'épreuve professionnelle de synthèse (**fiche de suivi** - volets 1 et 2, présentée en annexe 2).

Par ailleurs, il est rappelé que l'étude sur site sert de support à l'épreuve professionnelle de synthèse de l'examen. Dans ce but, un sujet d'étude est choisi en accord avec les responsables du stage, ce sujet se rapportant au travail demandé par le service accueillant le stagiaire.

Le sujet relatif à cette étude sur site doit permettre de valider au moins trois des capacités suivantes :

- C21 : proposer un schéma de contrôle-commande ;
- C22 : choisir le matériel et le mettre en oeuvre ;
- C31 : établir et mettre en oeuvre un protocole : - de vérification et d'essais - d'intervention ;
- C32 : vérifier une conformité ;
- C33 : prérégler et assurer le démarrage ;
- C4 : communiquer et informer ;
- C6 : prévenir et protéger.

L'étude est obligatoirement orientée vers les procédés industriels de transformation de la matière (procédé physico-chimique, traitement des fluides et des poudres...). Elle met en oeuvre principalement de l'instrumentation, de la régulation, des systèmes de contrôle commande, des automatismes industriels, sans exclure aucun champ d'application.

Cette étude ne saurait être purement descriptive : en particulier, l'étude d'un procédé industriel existant doit comporter une analyse approfondie, justifier le plus possible les choix qui ont été faits au moment de sa conception et éventuellement proposer des solutions d'actualité.

Tous les candidats, scolarisés ou non, rédigent un mémoire portant sur une étude effectuée durant leur activité professionnelle. Dans ce document, dactylographié et limité à 60 pages au maximum (annexes comprises), le candidat explique le fonctionnement de l'installation et du système de contrôle-commande, présente la synthèse de ses observations personnelles et de son travail. Ce document est évalué à l'épreuve professionnelle de synthèse du B.T.S. C.I.R.A.

Le sommaire type de ce compte rendu d'une étude sur site pourra être le suivant :

- en couverture : nom de l'étudiant, année, centre de formation, nom et raison sociale de l'entreprise, sujet de l'étude,
- remerciements,
- copie du contrat d'objectifs,
- résumé de l'étude sur site et non de l'ensemble du stage : 200 mots environ et 4 mots clés, en version française et en version anglaise,
- sommaire,
- présentation de l'entreprise et du service d'accueil,
- introduction (description sommaire des différentes activités pendant le stage et introduction à l'étude proprement dite),
- **présentation du procédé,**
- **développements techniques,**
- conclusion technique et bilan personnel,
- bibliographie éventuelle,
- annexes.

### **Exploitation pédagogique de l'étude sur site.**

*Il est rappelé que les informations recueillies par les candidats lors de leur séjour dans les entreprises peuvent avoir un caractère confidentiel. Il est donc recommandé aux enseignants de garantir la confidentialité de ces informations, quelle que soit la forme sous laquelle elles auraient pu leur être communiquées.*

Le stage en entreprise est une composante fondamentale de la formation du technicien supérieur C.I.R.A. : en conséquence, son exploitation favorise le renforcement de l'interdisciplinarité à partir des objectifs professionnels, et, tous les professeurs intervenant dans la filière (dans le secteur professionnel, dans le secteur scientifique et dans le secteur de la communication) y trouvent matière à enrichir leur enseignement.

### Dans le domaine professionnel.

Les différentes études sur site se déroulant dans des industries aussi diverses que l'agro-alimentaire, la chimie, la pétrochimie, la sidérurgie, la papeterie, la verrerie..., la mise en commun des sujets traités permet à chaque étudiant de deuxième année d'avoir à sa disposition un panorama global des domaines caractéristiques de la profession : régulation, automatismes, instrumentation.

Les professeurs responsables des enseignements correspondants ont, dans le cadre de leur horaire d'enseignement, la charge de cette mise en commun des expériences acquises au cours des études sur site.

### Dans le domaine scientifique.

Les professeurs responsables des enseignements de chimie industrielle, de physique industrielle ou de physique appliquée à l'électricité trouveront, dans les expériences acquises au cours des différentes études sur site, des exemples illustrant et justifiant les concepts scientifiques qu'ils doivent faire acquérir aux étudiants.

### Dans le domaine de la communication : cas du français.

Le rapport de stage permet au professeur de lettres de trouver tout naturellement sa place au sein de l'équipe pédagogique préparant au BTS CIRA, la synergie ainsi créée ne pouvant que bénéficier aux étudiants.

Le rôle du français, discipline particulière mais aussi outil d'appropriation du savoir dans toutes les disciplines, ne se réduit pas à la seule surveillance de la correction de l'expression même si celle-ci fait partie de la qualité de la recevabilité du message. La préparation à l'expression écrite et orale, qu'il s'agisse de la rédaction du rapport de stage ou de tout autre document, constitue un ensemble indissociable. Lire et écrire des textes informatifs, explicatifs, argumentatifs fait étroitement partie des objectifs de l'enseignement du français.

Le travail sur le rapport de stage offre une opportunité pour montrer que la capacité de raisonnement est à l'oeuvre, identiquement, dans toute argumentation, qu'il s'agisse d'une démonstration scientifique ou technique ou de l'exposé de sa pensée sur un quelconque autre thème.

Il est rappelé que la rédaction du rapport de stage et sa soutenance sont à la base de l'épreuve professionnelle de synthèse et que c'est dans cette seule épreuve que le français est évalué au BTS CIRA : les professeurs de lettres participent à l'évaluation du rapport et de sa soutenance lors de l'EPS.

La préparation au rapport de stage s'intègre naturellement dans le projet pédagogique d'ensemble annuel, et cela, en conformité avec le référentiel qui contient de nombreuses capacités à acquérir dans la discipline correspondant à des qualités à mettre en oeuvre dans l'EPS :

- communiquer oralement : connaître les techniques d'exposé, expliquer, prendre en compte l'interlocuteur, savoir dialoguer ;
- s'informer, se documenter : être capable dans l'entreprise ou dans des écrits techniques d'aller chercher l'information ;
- appréhender un message : savoir lire des consignes ;
- réaliser un message : rédiger un document, un résumé ;
- apprécier un message ou une situation : rédiger une conclusion de document.

La préparation à l'oral fait donc partie intégrante des activités de seconde année. Cela réclame un travail en commun avec les professeurs du domaine professionnel. Le professeur de lettres participe à la structuration de l'exposé dans une première partie de l'année. On peut aussi envisager un travail en binôme, les professeurs de lettres et ceux de la spécialité professionnelle assistant et corrigeant ensemble les prestations des étudiants : cette association est de nature à créer une dynamique de travail bénéficiant à l'ensemble du groupe.

Il est également possible d'axer l'enseignement de première année autour de ces différents points tout en donnant toutes les consignes nécessaires à la rédaction du document et à sa présentation orale. Les rapports des promotions précédentes peuvent servir non seulement de modèles, mais encore de base de devoir. On peut, par exemple, en proposer une lecture critique en demandant à l'étudiant :

- de faire une synthèse des différentes présentations d'une même entreprise ;
- de proposer sa propre vision écrite et orale de celle-ci ;
- d'expliquer un fonctionnement à partir d'un support audiovisuel.

### Dans le domaine de la communication : cas de l'anglais.

Le rapport de stage permet au professeur d'anglais de trouver sa place au sein de l'équipe pédagogique préparant au BTS CIRA, la synergie ainsi créée ne pouvant que bénéficier aux étudiants.

L'élaboration de la version anglaise du résumé en 200 mots de l'étude sur site faisant partie du mémoire comptant pour l'épreuve professionnelle de synthèse participe à l'apprentissage de l'écrit.

Par ailleurs, l'apprentissage de l'expression de l'oral, par exemple, l'entraînement à la conversation courante, fait partie de la formation du technicien supérieur qui peut être appelé à intervenir hors du territoire national.

## B - ORGANISATION

Le stage est obligatoire pour les étudiants relevant d'une préparation présentielle ou à distance.

### 1) Voie scolaire

- Le stage, organisé avec le concours des milieux professionnels, est sous le contrôle des autorités académiques dont relève l'étudiant et le cas échéant, des services du conseiller culturel près l'ambassade de France du pays d'accueil pour un stage à l'étranger. Il est effectué dans une ou plusieurs entreprises publiques ou privées.

La recherche des terrains de stage est assurée sous la responsabilité du chef d'établissement en accord avec les entreprises recevant les stagiaires.

Chaque période de stage en entreprise fait l'objet d'une convention entre l'établissement fréquenté par l'étudiant et la (ou les) entreprise (s) d'accueil. Cette convention est établie conformément aux dispositions en vigueur (circulaires du 30 octobre 1959, BOEN n° 24 du 14 décembre 1959 et du 26 mars 1970, BOEN n° 17 du 23 avril 1970). Toutefois, cette convention pourra être adaptée pour tenir compte des contraintes imposées par la législation du pays d'accueil.

Pendant le stage en entreprise, l'étudiant a obligatoirement la qualité d'étudiant stagiaire et non de salarié.

- Afin d'en assurer le caractère formateur, le stage est placé sous la responsabilité de l'équipe pédagogique dans son ensemble qui est responsable de leur mise en place, de leur suivi, de l'exploitation qui en est faite. Elle doit veiller à informer les responsables des entreprises ou des établissements d'accueil sur les objectifs du stage et, plus particulièrement, sur les compétences qu'il vise à développer.

- En fin de stage, un certificat est remis au stagiaire par le responsable de l'entreprise ou son représentant, attestant la présence de l'étudiant, le certificat de stage sera exigé au moment de l'inscription du candidat à l'examen. A ce document sera joint un tableau récapitulatif des activités conduites pendant le stage et indiquant le degré de responsabilité de l'étudiant dans leur réalisation ainsi qu'une appréciation globale du tuteur sur le stagiaire.

Un candidat qui n'aura pas présenté cette pièce ne pourra être admis à subir cette épreuve.

Un candidat, qui, pour une raison de force majeure dûment constatée, n'effectue qu'une partie du stage obligatoire peut être autorisé par le recteur à se présenter à l'examen, le jury étant tenu informé de sa situation.

- Le stage, qui commence à la fin de la première année de formation, prend place entre le premier lundi du mois de juin et le dernier vendredi du mois d'octobre pour une durée totale de 12 semaines effectives. Une période de quatre semaines, choisie en accord avec le service d'accueil et correspondant aux vacances du stagiaire, est incluse dans ce stage sans en diminuer la durée.

La convention de partenariat avec l'entreprise en précisera les modalités : un **contrat d'objectifs** est négocié entre le maître de stage, l'équipe pédagogique de l'établissement de formation et l'étudiant lui-même.

Ce document, figurant en annexe 1, doit notamment préciser :

- la liste des capacités que le stage devra permettre de valider pour l'épreuve professionnelle de synthèse comptant pour l'obtention du BTS CIRA,
  - les modalités de formation projetées dans l'entreprise (tâches confiées en autonomie ou en participation, matériels utilisés, systèmes de production, services et équipes concernés...),
  - les signatures des trois parties engagées.

L'original de ce contrat d'objectifs est joint à la convention de stage et une copie est jointe au mémoire du candidat.

La préparation et le suivi du stage sont confiés à l'équipe pédagogique de l'établissement fréquenté par l'étudiant. Durant les visites, il appartient aux professeurs, en accord avec le maître de stage de rechercher avec l'étudiant les pistes à privilégier pour alimenter son mémoire et pour veiller à ce que l'étude sur site se fasse dans le respect du contrat d'objectifs signé.

La fiche de suivi de stage, conforme au modèle de l'annexe 2, renseignée par le maître de stage et le professeur chargé du suivi, sera transmise à la commission d'interrogation de l'épreuve professionnelle de synthèse.

## **2) Voie de l'apprentissage**

Pour les apprentis, les certificats de stage sont remplacés par la photocopie du contrat de travail ou par une attestation de l'employeur confirmant le statut du candidat comme apprenti dans son entreprise.

Les activités effectuées au sein de l'entreprise doivent être en cohérence avec les exigences du référentiel.

Les objectifs pédagogiques ainsi que les supports de l'épreuve professionnelle de synthèse sont les mêmes que ceux des candidats scolaires.

## **3) Voie de la formation continue**

### *a) candidat en situation de première formation ou en situation de reconversion*

La durée du stage est de douze semaines. Elle s'ajoute à la durée de formation dispensée dans le centre de formation continue en application de l'article 11 du décret n° 95-665 du 9 mai 1995 modifié portant règlement général du brevet de technicien supérieur.

L'organisme de formation peut concourir à la recherche de l'entreprise d'accueil.

Le stagiaire peut avoir la qualité de salarié d'un autre secteur professionnel.

Lorsque cette préparation s'effectue dans le cadre d'un contrat de travail de type particulier, le stage obligatoire est inclus dans la période de formation dispensée en milieu professionnel si les activités effectuées sont en cohérence avec les exigences du référentiel et conformes aux objectifs et aux modalités générales définis ci-dessus.

### *b) candidat en situation de perfectionnement*

Le certificat de stage peut être remplacé par un ou plusieurs certificats de travail attestant que l'intéressé a été occupé dans des activités relevant du contrôle et de la régulation d'automatismes industriels si les activités effectuées sont en cohérence avec les exigences du référentiel et conformes aux objectifs et aux modalités générales définis ci-dessus, en qualité de salarié à plein temps pendant six mois au cours de l'année précédant l'examen ou à temps partiel pendant un an au cours des deux années précédant l'examen.

Ces candidats rédigent un rapport sur leurs activités professionnelles dans le même esprit que le rapport de stage.

## **4) Candidats en formation à distance**

Les candidats relèvent, selon leur statut - scolaire, apprenti, formation continue-, de l'un des cas précédents.

## **5) Candidats qui se présentent au titre de leur expérience professionnelle**

Le certificat de stage peut être remplacé par un ou plusieurs certificats de travail justifiant la nature et la durée de l'emploi occupé.

Ces candidats rédigent un rapport sur leurs activités professionnelles dans le même esprit que le rapport de stage.

### **C - Aménagement de la durée du stage**

La durée normale du stage est de douze semaines. Cette durée peut être réduite soit pour raison de force majeure dûment constatée soit dans le cas d'une décision d'aménagement de la formation ou d'une décision de positionnement à une durée minimum de huit semaines consécutives. Pour les candidats qui suivent une formation en un an, l'organisation du stage est arrêtée d'un commun accord entre le chef d'établissement, le candidat et l'équipe pédagogique.

Toutefois, les candidats qui produisent une dispense de l'unité 6 (notamment au titre de la validation des acquis professionnels) ne sont pas tenus d'effectuer de stage.

### **D - Candidats ayant échoué à une session antérieure de l'examen**

Les candidats ayant échoué à l'examen et qui n'ont pas obtenu l'unité 6 peuvent au regard de l'appréciation portée par le jury :

- soit présenter un nouveau mémoire sans effectuer de nouveau stage ;
- soit effectuer un nouveau stage et présenter un mémoire relatif à ce stage.

Les candidats redoublants qui ont obtenu l'unité 6 doivent s'impliquer normalement dans les activités professionnelles organisées par les établissements en deuxième année.

Les candidats apprentis redoublants peuvent présenter à la session suivant celle au cours de laquelle ils n'ont pas été déclarés admis :

- soit leur contrat d'apprentissage initial prorogé pendant un an ;
- soit un nouveau contrat conclu avec un autre employeur (en application des dispositions de l'article L.117-9 du code de travail).



**B.T.S. C.I.R.A.  
ÉTUDE SUR SITE**

NOM, Prénom du stagiaire

## CONTRAT D'OBJECTIFS

*L'original de ce document est joint à la convention de stage.  
Une copie est jointe au mémoire de l'étudiant.*

**Nature de l'entreprise :**

**Thème du sujet de l'étude sur site :**

**Positionnement du sujet par rapport aux capacités du référentiel :**

L'étude sur site permet-elle de valider les capacités suivantes ?	OUI	NON
C 21 - proposer ou analyser un schéma de contrôle-commande (régulation. et/ou automatismes.)		
C 22 - choisir le matériel et le mettre en œuvre		
C 31 - établir ou analyser une procédure de vérification et d'essais des instruments		
C 31 - établir ou analyser une procédure d'intervention		
C 32 - vérifier une conformité		
C 33 - établir ou analyser une procédure de démarrage ou d'arrêt d'une installation		
C 33 - établir ou analyser une procédure d'optimisation des réglages		
C 4 - communiquer et informer		
C 6 - prévenir et protéger		

**DATE :**

**Lycée :**

**NOMS ET SIGNATURES :**

**Le maître de stage :**

**Le stagiaire :**

**Le professeur chargé du suivi du stage :**

<b>B.T.S. C.I.R.A. ÉTUDE SUR SITE</b>	NOM, Prénom du stagiaire
---	--------------------------

## FICHE DE SUIVI DE STAGE

*Volet à remplir par le maître de stage*

**Services successifs d'accueil et tâches correspondantes confiées au stagiaire :**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<b>AVIS SUR L'ACTIVITÉ DU STAGIAIRE :</b>	A	B	C	D
Degré de collaboration avec les autres membres du service :				
Adaptation des connaissances professionnelles au travail demandé :				
Aptitude à l'analyse face aux problèmes posés :				
Quantité de travail fourni :				
Qualité de travail fourni :				
Part de travail personnel				

**Observations complémentaires :**

.....

.....

.....

.....

.....

Date à laquelle le stagiaire a pris connaissance du sujet :

Sujet de l'étude sur site :

<b>AVIS SUR L'ÉTUDE SUR SITE</b>		
Le sujet a-t-il été imposé au stagiaire ?	<b>OUI</b>	<b>NON</b>
Le sujet a-t-il fait l'objet d'une concertation avec le stagiaire ?	<b>OUI</b>	<b>NON</b>
Le stagiaire a-t-il bénéficié de rapports d'études existants ?	<b>OUI</b>	<b>NON</b>
Le stagiaire a-t-il bénéficié de toute la documentation nécessaire ?	<b>OUI</b>	<b>NON</b>
Les objectifs d'évaluation fixés par le contrat d'objectifs ont-ils été atteints ?	<b>OUI</b>	<b>NON</b>
Le cas échéant, préciser quels objectifs n'ont pas été atteints :		

**A = Très bien**

**B = Bien**

**C = Acceptable**

**D = Insuffisant**

Le maître de stage :

Nom :

Signature :

Entreprise :



## **ANNEXE III**

### **HORAIRE**

**HORAIRE HEBDOMADAIRE**  
(Formation initiale sous statut scolaire)

BTS Contrôle industriel et régulation automatique

	DISCIPLINES	1 <sup>ère</sup> année Total (cours + TD + TP)	A titre indicatif Horaire global 1 <sup>ère</sup> année	2 <sup>ème</sup> année Total (cours + TD + TP)	A titre indicatif Horaire global 2 <sup>ème</sup> année
1	Français	2 (1 + 1 + 0)	68	1 (0 + 1 + 0)	34
2	Langue vivante étrangère : anglais	2 (0 + 2 + 0)	68	2 (0 + 2 + 0)	68
3	Mathématiques	3,5 (2 + 1,5 + 0)	119	2 (1 + 1 + 0)	68
4	Sciences physiques : - chimie et physique industrielles - physique appliquée	8 (4 + 1 + 3) 5 (2 + 0 + 3)	272 170	6 (4 + 0 + 2) 6 (2 + 0 + 4)	204 204
5	C.I.R.A. : - Instrumentation - Régulation - Automatismes et logique	5 (3 + 0 + 2) 4 (2 + 0 + 2) 3,5 (2 + 0 + 1,5)	170 136 119	4 (2 + 0 + 2) 6 (3 + 0 + 3) 5 (2 + 0 + 3)	136 204 170
	TOTAL	33 (16 + 5,5 + 11,5)	1122	32 (14 + 4 + 14)	1088
	Enseignement facultatif Langue vivante étrangère 2	1 (0 + 1 + 0)		1 (0 + 1 + 0)	

⇒ L'effectif des groupes de travaux pratiques (TP) est déterminé en tenant compte des impératifs de sécurité des étudiants, du personnel et du matériel complexe et coûteux mis en œuvre.

⇒ Selon l'origine des élèves, qui peuvent être issus des filières scientifiques générales, technologiques industrielles, on prévoira un enseignement d'adaptation de 1 heure hebdomadaire en première année.

## **ANNEXE IV**

### **REGLEMENT D'EXAMEN**

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR CONTROLE INDUSTRIEL ET REGULATION AUTOMATIQUE

## REGLEMENT D'EXAMEN

<b>BTS CONTROLE INDUSTRIEL ET REGULATION AUTOMATIQUE</b>		Voie scolaire, apprentissage, formation professionnelle continue dans les établissements publics ou privés, enseignement à distance et candidats justifiant de 3 ans d'expérience professionnelle		Formation professionnelle continue dans des établissements publics habilités	
Épreuves	Unités	Coef	Forme : ponctuelle	Durée	Evaluation en cours de formation
E 1 Langue vivante étrangère : anglais* Coef. : 2	U 1	2	orale	20 min ☞	2 situations d'évaluation
E 2 Mathématiques Coef. : 2	U 2	2	écrite	3 h	3 situations d'évaluation
E 3 Sciences physiques Coef. : 5		5		4 h	
Sous-épreuve : chimie-physique industrielles	U 31	2,5	écrite	2 h	1 situation d'évaluation
Sous-épreuve : physique appliquée	U 32	2,5	écrite	2 h	1 situation d'évaluation
E 4 C.I.R.A. Coef. : 6		6		5 h	
Sous-épreuve : Instrumentation et régulation	U 41	4	écrite	3 h	1 situation d'évaluation
Sous-épreuve : Automatismes et logique	U 42	2	écrite	2 h	1 situation d'évaluation
E 5 Epreuve pratique C.I.R.A. Coef. : 3	U 5	3	pratique	2 h	1 situation d'évaluation
E 6 Epreuve professionnelle de synthèse Coef. : 5	U 6	5	orale	1 h	Ponctuelle : orale
<b>Epreuve facultative</b>					
Langue vivante étrangère 2*	UF1	1	orale	20 min ☞	Ponctuelle : orale

\* La langue vivante étrangère choisie au titre de l'épreuve facultative est obligatoirement différente de celle choisie au titre de l'épreuve obligatoire.

☞ précédée d'un temps égal de préparation.

*N.B. : La description, la durée et le coefficient des différentes situations d'évaluation figurent dans l'annexe V, définition des épreuves.*

## **ANNEXE V**

### **DEFINITION DES EPREUVES PONCTUELLES et des SITUATIONS D'EVALUATION EN COURS DE FORMATION**



**Objectifs :**

L'épreuve a pour but d'évaluer :

- la compréhension de la langue vivante étrangère orale

Il n'est pas exclu que l'un des documents soit un enregistrement proposé à l'écoute collective.

- l'expression orale dans la langue vivante étrangère

Il s'agit de vérifier la capacité du candidat à participer utilement à un dialogue dans la langue vivante étrangère conduit dans une perspective professionnelle.

**Formes de l'évaluation :**

**⚡ Ponctuelle :** Une épreuve orale d'une durée de 20 minutes.  
(précédée d'un temps égal de préparation)

L'oral se décomposera en trois parties :

1. présentation personnelle et / ou présentation du projet professionnel
2. entretien à partir d'un support audio ou vidéo
3. compréhension d'un document relatif à la spécialité (en français ou en anglais)

**⚡ Contrôle en cours de formation :**

L'unité de langue vivante étrangère est constituée de deux situations d'évaluation, de poids identique, correspondant aux deux capacités :

- compréhension orale
- expression orale

**1/ Première situation d'évaluation**

**• Compréhension orale**

Evaluer à partir d'un support audio-oral l'aptitude à comprendre le message auditif exprimé en langue vivante étrangère par le biais de :

- questions factuelles simples
- questions à choix multiples
- reproductions des éléments essentiels d'information issus du document
- résumés rédigés en langue vivante étrangère ou français.

Le candidat devra faire la preuve des compétences suivantes :

- anticipation
- repérage, identification des éléments prévisibles
- sélection, organisation, hiérarchisation des informations
- inférence

**2/ Deuxième situation d'évaluation**

**• Expression orale**

Evaluer la capacité à s'exprimer oralement en langue vivante étrangère de façon pertinente et intelligible. Le support proposé permettra d'évaluer l'aptitude à dialoguer en langue vivante étrangère dans une situation liée au domaine professionnel au moyen de phrases simples, composées et complexes.

Le candidat devra faire preuve des compétences suivantes :

- mobilisation des acquis
- aptitude à la reformulation juste et précise
- aptitude à combiner des éléments acquis en cours de formation en énoncés pertinents et intelligibles
- exigences lexicale et grammaticale (cf. programme de consolidation de la seconde).

**Organisation et correction de l'épreuve mathématiques :**

L'organisation de l'épreuve est conforme aux dispositions de la note de service n°95-238 du 26 octobre 1995 (BO n°41 du 9 novembre 1995)

**Finalités et objectifs de l'épreuve mathématiques :**

Cette épreuve a pour objectifs :

- d'apprécier la solidité des connaissances des étudiants et leur capacité à les mobiliser dans les situations variées ;
- de vérifier leur aptitude au raisonnement et leur capacité à analyser correctement un problème, à justifier les résultats obtenus et à apprécier leur portée ;
- d'apprécier leurs qualités dans le domaine de l'expression écrite et de l'exécution soignée de tâches diverses (modélisation de situations réelles, calculs avec ou sans instrument, tracés graphiques).

Par suite, il s'agit d'évaluer les capacités des candidats à :

- posséder les connaissances figurant au programme,
- utiliser des sources d'information,
- trouver une stratégie adaptée à un problème donné,
- mettre en oeuvre une stratégie :
  - \* mettre en oeuvre des savoir-faire mathématiques spécifiques à ce BTS,
  - \* argumenter,
  - \* analyser la pertinence d'un résultat,
- communiquer par écrit, voire oralement.

**Formes de l'évaluation :**

**↳ Ponctuelle :** Une épreuve écrite d'une durée de 3 heures.

Les sujets comportent deux ou trois exercices de mathématiques recouvrant une part très large du programme. Les thèmes mathématiques qu'ils mettent en oeuvre portent principalement sur les chapitres les plus utiles pour la physique et la régulation.

L'épreuve porte à la fois sur des applications directes des connaissances du cours et sur leur mobilisation au sein de problèmes plus globaux.

Il convient d'éviter toute difficulté théorique et toute technicité mathématiques excessives. La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat moyen de traiter le sujet et de le rédiger posément dans le temps imparti.

L'utilisation des calculatrices pendant l'épreuve est définie par la circulaire n° 99-018 du 1er février 1999 (BO n°6 du 11 février 1999).

En tête des sujets doivent figurer les deux rappels suivants :

- la clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies,
- l'usage des instruments de calcul et du formulaire officiel de mathématiques est autorisé.

### **↳ Contrôle en cours de formation :**

Il comporte trois situations d'évaluation, chacune comptant pour un tiers du coefficient attribué à l'unité de mathématiques.

Deux situations d'évaluation, situées respectivement dans la seconde partie et en fin de formation, respectant les points suivants :

Ces évaluations sont écrites et la durée de chacune est voisine de celle correspondant à l'évaluation ponctuelle de ce BTS.

Les situations d'évaluation comportent des exercices de mathématiques recouvrant une part très large du programme. Dans chaque spécialité, les thèmes mathématiques qu'ils mettent en jeu portent principalement sur les chapitres les plus utiles pour les autres enseignements.

Le nombre de points affectés à chaque exercice est indiqué aux candidats afin qu'ils puissent gérer leurs travaux. Lorsque ces situations s'appuient sur d'autres disciplines, aucune connaissance relative aux disciplines considérées n'est exigible des candidats pour l'évaluation des mathématiques et toutes explications et indications utiles doivent être fournies dans l'énoncé.

Les situations d'évaluation permettent l'application directe des connaissances du cours mais aussi la mobilisation de celles-ci au sein de problèmes plus globaux.

Il convient d'éviter toute difficulté théorique et toute technicité mathématique excessive.

La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat moyen de traiter le sujet et de le rédiger posément dans le temps imparti.

L'utilisation des calculatrices pendant chaque situation d'évaluation est définie par la réglementation en vigueur aux examens et concours relevant de l'éducation nationale.

Les deux points suivants doivent être impérativement rappelés au candidat :

- la clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies ;
- l'usage des calculatrices et du formulaire officiel de mathématiques est autorisé.

Une troisième situation d'évaluation est la réalisation écrite (individuelle ou en groupe restreint) et la présentation orale (individuelle) d'un dossier comportant la mise en oeuvre de savoir-faire mathématique en liaison directe avec la présente spécialité de BTS.

Au cours de l'oral dont la durée maximale est de vingt minutes, le candidat sera amené à répondre à des questions en liaison directe avec le contenu mathématique du dossier.

### **Finalités et objectifs de l'épreuve :**

L'enseignement des sciences physiques a pour objectif de fournir les bases scientifiques nécessaires aux enseignements technologiques et professionnels, de développer la formation scientifique et de contribuer à la formation personnelle de l'étudiant. L'objectif de l'épreuve de sciences physiques est de contrôler les connaissances et les savoir-faire en sciences physiques nécessaires à la compréhension de procédés industriels courants et au fonctionnement électronique des systèmes de contrôle-commande et de tester l'aptitude du candidat à analyser une situation physique, à en faire une description modélisée et à déterminer les réglages de systèmes électroniques utilisés en régulation par le calcul de grandeurs électriques, les tracés de graphiques, les projets de tests expérimentaux des systèmes de contrôle-commande.

L'évaluation en sciences physiques comporte deux sous épreuves qui se déroulent en continuité pour les candidats qui n'ont ni bénéfice ni dispense de l'une ou l'autre unité :

- sous-épreuve **Chimie-Physique industrielles**
- sous-épreuve **Physique appliquée**

### **Evaluation.**

Elle porte sur les connaissances, les savoir-faire théoriques et les savoir-faire expérimentaux listés dans les référentiels de chimie industrielle et de physique industrielle.

En particulier, elle permettra :

- d'apprécier la solidité des connaissances des étudiants.
- de vérifier la rigueur et la clarté du raisonnement lors de l'utilisation de ces connaissances.
- de vérifier la bonne assimilation de certaines techniques de résolution des problèmes à traiter (modélisation de situations réelles, utilisations de documents scientifiques).
- de vérifier l'utilisation correcte des unités.
- de vérifier l'aptitude des candidats à justifier de la vraisemblance des résultats obtenus et de leur signification physique.
- de vérifier la capacité d'analyser une situation expérimentale industrielle ou de laboratoire.
- de vérifier la capacité à prévenir les risques professionnels et à protéger l'environnement.
- d'apprécier les qualités du candidat dans le domaine de l'expression écrite et de la rédaction de l'épreuve.

### **Forme de l'évaluation.**

**↳ Ponctuelle :**      Une épreuve écrite d'une durée de 2 heures.

Cette sous-épreuve comporte :

- deux exercices de chimie industrielle.
- un problème ou deux exercices de physique industrielle.

L'ensemble porte sur différentes parties du programme traité au cours des deux années d'enseignement.

L'utilisation des calculatrices est définie par la circulaire n° 99-018 du 1er février 1999 (BO n°6 du 11 février 1999). En tête du sujet, il sera précisé si la calculatrice ainsi que les formulaires en usage en mathématique sont autorisés ou interdits lors de l'épreuve.

**↳ Contrôle en cours de formation :** Une situation d'évaluation d'environ 4 heures organisée par l'équipe enseignante.

Le niveau de difficulté des sujets est équivalent à celui du sujet de l'épreuve ponctuelle.

Le corps d'inspection veille au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Le candidat est informé à l'avance de la date de l'évaluation.

A l'issue de l'évaluation, dont le degré d'exigence est équivalent à celui requis dans le cadre de l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique de l'établissement de formation adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par le candidat.

Le jury pourra éventuellement demander à avoir communication de tous documents tels que les sujets proposés lors de la situation d'évaluation et les prestations réalisées par le candidat à cette occasion. Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectorale pour la session considérée et jusqu'à la session suivante.

Après examen attentif des documents fournis le cas échéant, le jury formule toute remarque et observation qu'il juge utile et arrête la note.

**SOUS-EPREUVE : Physique Appliquée.**  
**Coefficient 2,5**

**U32**

L'unité de physique appliquée englobe l'ensemble des capacités précisées dans le référentiel de certification.

Plus spécifiquement l'enseignement de Physique appliquée vise à :

- développer une habilité expérimentale et donner une bonne maîtrise des règles de sécurité électrique (certifier à la prévention du risque électrique).
- donner une culture technique et scientifique permettant une bonne appréhension de l'instrumentation actuelle en intégrant des notions de traitement du signal.

### **Evaluation.**

Elle portera sur l'ensemble des capacités précisées dans le référentiel de certification et notamment les capacités C11, C13, C22, C62.

L'épreuve qui sanctionne cet enseignement a pour objectifs :

- De contrôler la solidité des connaissances des étudiants et leurs capacités à les mobiliser dans des situations variées pour la compréhension des procédés industriels courant (modélisation de situations réelles, analyse de documents scientifiques, conduite de calculs et mise en œuvre de méthodes, d'outils ou de dispositifs expérimentaux).
- De vérifier la rigueur et la clarté du raisonnement et leur capacité à analyser correctement une situation
- De vérifier leur aptitude à justifier les résultats obtenus et à en voir la portée ;
- D'apprécier les qualités du candidat dans le domaine de l'expression écrite et de l'exécution soignée de tâches diverses

### **Forme de l'évaluation.**

**↳ Ponctuelle :** Une épreuve écrite d'une durée de 2 heures.

Le sujet se compose d'exercices et/ou d'un problème portant sur des parties différentes du programme traité au cours des deux années d'enseignement. L'un des exercices ou l'une des parties du problème pourra consister en une exploitation de document(s) ou de données expérimentales, pour interpréter ou modéliser un phénomène, expliciter le fonctionnement d'un système ou bien en une description de protocole de mesures.

L'épreuve porte à la fois sur des applications directes des connaissances du cours et sur leur mobilisation au sein de problèmes plus globaux. Le sujet ne fera pas appel à des difficultés théoriques ou à une technicité mathématique excessives. La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat de le traiter et de le rédiger posément dans le temps imparti.

Les formulaires en usage en mathématique sont autorisés pendant l'épreuve. Des annexes plus spécifiques peuvent être jointes au sujet.

L'utilisation des calculatrices est définie par la circulaire n° 99-018 du 1er février 1999 (BO n°6 du 11 février 1999). En tête du sujet, il sera précisé si la calculatrice est autorisée ou interdite lors de l'épreuve.

La correction de l'épreuve tiendra le plus grand compte de la rigueur et de la clarté dans la conduite de la résolution et dans la rédaction de l'énoncé des lois, de la compatibilité de la précision des résultats numériques avec celle des données de l'énoncé (nombre de chiffres significatifs), de la présence des unités, au soin apporté aux représentations graphiques et de la qualité de la langue française dans son emploi scientifique.

### **🔗 Contrôle en cours de formation :**

Une situation d'évaluation comportant **deux parties** distinctes situées plutôt en fin de formation et respectant les points suivants :

- Une partie écrite et une partie expérimentale d'une durée de 2 heures chacune.
- Le nombre de points affectés à chaque partie est identique.

❶ Pour la partie écrite, les conditions de déroulement, la nature, et le niveau de difficulté des sujets sont équivalents à celui de l'épreuve ponctuelle. Le candidat est informé à l'avance de la date de l'évaluation.

A l'issue de l'évaluation, dont le degré d'exigence est lui aussi équivalent à celui requis pour l'épreuve ponctuelle correspondante, l'équipe pédagogique de l'établissement adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par le candidat.

❷ Pour la partie expérimentale, le sujet est le même pour tous les candidats. L'évaluation porte essentiellement sur des capacités et savoir-faire expérimentaux dont certains doivent être évalués en cours de manipulation. Le nombre de candidat maximum pour un examinateur est de 4.

L'examineur dispose d'une grille d'évaluation par candidat, qu'il transmet à l'issue de l'épreuve au jury.

Le corps d'inspection veille au bon déroulement du contrôle en cours de formation et est destinataire, suffisamment à l'avance, de tous documents tels que les sujets d'écrit et de manipulation proposés lors de la situation d'évaluation et les prestations réalisées par chaque candidat à cette occasion. Ces documents seront tenus à la disposition du jury et de l'autorité rectorale pour la session considérée et jusqu'à la session suivante.

Après examen attentif des documents fournis le cas échéant, le jury formule toute remarque et observation qu'il juge utile et arrête la note.

**Finalités et objectifs de l'épreuve :**

L'enseignement de spécialité a pour objectif de préparer le futur technicien supérieur aux fonctions et activités clairement définies dans le référentiel d'activités professionnelles et de lui permettre de s'adapter à l'évolution des techniques et des pratiques.

L'objectif de cette épreuve est donc d'apprécier l'aptitude du candidat à remplir ces fonctions fondamentales.

L'évaluation comporte deux sous épreuves séparées :

- sous épreuve **Instrumentation et Régulation**
- sous épreuve **Automatismes et logique**

**Evaluation :**

**SOUS-EPREUVE : INSTRUMENTATION ET REGULATION**  
**Coefficient 4**

L'épreuve permet :

- d'évaluer les connaissances du candidat dans les domaines de l'instrumentation et de la régulation.
- de vérifier l'aptitude du candidat à résoudre un problème concret à partir de l'analyse ou de la description de tout ou partie d'un procédé industriel. Le candidat doit pouvoir fournir une solution détaillée à un problème d'instrumentation et la justifier.

L'épreuve permet de tester, en partie ou totalement, les capacités suivantes :

- C11 - Analyser et comprendre un procédé.
- C12 - Analyser et comprendre la partie contrôle-commande de l'installation.
- C13 - Analyser et comprendre l'appareillage.
- C21 - Proposer un schéma de contrôle-commande.
- C22 - Choisir le matériel et le mettre en œuvre.
- C23 - Etablir les schémas de montage du matériel.
- C31 - Etablir et mettre en œuvre un protocole de vérification et d'essais, d'intervention.
- C51 - Organiser une intervention.

**Forme de l'évaluation.**

**⚡ Ponctuelle :**      Une épreuve écrite d'une durée de 3 heures.

Cette épreuve porte sur les contenus des enseignements d'**instrumentation** et de **régulation**.

L'épreuve comprend un ou deux problèmes, éventuellement complémentaires, pouvant être résolus indépendamment l'un de l'autre.

L'épreuve porte à la fois sur des applications directes des connaissances du cours et sur leur mobilisation dans le cadre de problèmes plus globaux. Il convient d'éviter toute difficulté théorique et toute technicité mathématique excessives. La longueur et l'ampleur du sujet doivent permettre à un candidat de le traiter et de le rédiger posément dans le temps imparti.

Afin de respecter l'esprit et les finalités de l'examen, il convient de limiter les questions qui relèvent du domaine strictement cognitif et de s'attacher à évaluer le candidat sur les capacités précitées.

Le nombre de points affectés à chaque problème est indiqué sur le sujet.

Les formulaires en usage en mathématiques seront, si nécessaire, autorisés pendant l'épreuve.

L'utilisation des calculatrices est définie par la circulaire n° 99-018 du 1er février 1999 (BO n°6 du 11 février 1999).

En tête du sujet, il sera précisé si la calculatrice est autorisée ou interdite pendant l'épreuve.

Les candidats de la formation professionnelle continue dans des établissements publics habilités sont soumis à la même épreuve ponctuelle.

**↳ Contrôle en cours de formation :** Une situation d'évaluation d'une durée de 3 heures.

Le contrôle en cours de formation comporte une situation d'évaluation de durée 3 heures située vers la fin de la formation. Cette évaluation est du même type et a un même degré d'exigence que celui de l'épreuve ponctuelle.

Le corps d'inspection de sciences physiques veille au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les candidats seront prévenus au moins quinze jours à l'avance de la date de l'évaluation. Comme pour l'épreuve ponctuelle, l'usage des calculatrices n'est pas autorisé. Le barème et les critères de correction seront portés à la connaissance du jury. L'absence à l'évaluation sera sanctionnée par la note zéro, sauf cas de force majeure. Dans ce dernier cas, le candidat sera placé ultérieurement dans une autre situation d'évaluation, avec un sujet différent.

L'équipe pédagogique de l'établissement de formation adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par le candidat. Après examen de cette fiche, du sujet de la situation d'évaluation et de la prestation réalisée par le candidat à cette occasion, le jury formule toute remarque qu'il juge utile et arrête la note.

Les documents fournis au jury seront tenus à la disposition de l'autorité rectorale pour la session considérée et jusqu'à la session suivante.

## **SOUS-EPREUVE : AUTOMATISMES ET LOGIQUE**

**Coefficient 2**

**U42**

### **Evaluation :**

Cette épreuve permet de valider les capacités suivantes :

- Analyser et comprendre un procédé (C11)
- Analyser et comprendre la partie contrôle-commande de l'installation (C12)
- Proposer un schéma de contrôle commande (C21)

Elle a pour objectif d'apprécier l'aptitude du candidat à concevoir des schémas fonctionnels d'automatismes à partir d'un cahier des charges.

### **Forme de l'évaluation.**

**↳ Ponctuelle :** Une épreuve écrite d'une durée de 2 heures.

L'épreuve, écrite, d'une durée de 2 heures, porte sur l'automatisation d'un procédé mettant en oeuvre des fluides ou des poudres dans les industries chimiques, pétrochimique, pharmaceutique ou agro-alimentaire. L'installation étudiée ne porte pas sur la manipulation ou la fabrication d'objets manufacturés.

Elle permet de tester les connaissances et les savoir-faire théoriques du candidat (colonnes C et T du référentiel de certification) qui devra concevoir ou compléter un ou plusieurs schémas fonctionnels d'automatisme (logigrammes, chronogrammes, GRAFCET, procédures, etc...) à partir d'un cahier des charges fourni.

L'étude demandée pourra porter sur une partie de l'automatisation du procédé, sur le dialogue "homme-machine" ou sur la mise en réseau des matériels. Elle ne pourra en aucun cas porter sur la commande numérique d'une machine-outil ou la réalisation d'une carte électronique.



L'usage des calculatrices n'est pas autorisé et cette interdiction sera notifiée aux candidats en tête du sujet. La correction tiendra compte de la justesse et de la simplicité des solutions adoptées, du respect des normes en vigueur, du soin apporté aux réalisations graphiques et de la pertinence des commentaires. Ceci sera rappelé aux candidats sur la première page du texte du sujet.

Les sujets devront être conçus pour qu'un candidat moyen puisse soigner la présentation et se relire.

**↳ Contrôle en cours de formation :** Une situation d'évaluation d'une durée de 2 heures.

Le contrôle en cours de formation comporte une situation d'évaluation de durée 2 heures située vers la fin de la formation. Cette évaluation est du même type et a un même degré d'exigence que celui de l'épreuve ponctuelle.

Le corps d'inspection de sciences physiques veille au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les candidats seront prévenus au moins quinze jours à l'avance de la date de l'évaluation. Comme pour l'épreuve ponctuelle, l'usage des calculatrices n'est pas autorisé. Le barème et les critères de correction seront portés à la connaissance du jury. L'absence à l'évaluation sera sanctionnée par la note zéro, sauf cas de force majeure. Dans ce dernier cas, le candidat sera placé ultérieurement dans une autre situation d'évaluation, avec un sujet différent.

L'équipe pédagogique de l'établissement de formation adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par le candidat. Après examen de cette fiche, du sujet de la situation d'évaluation et de la prestation réalisée par le candidat à cette occasion, le jury formule toute remarque qu'il juge utile et arrête la note.

Les documents fournis au jury seront tenus à la disposition de l'autorité rectoriale pour la session considérée et jusqu'à la session suivante.

**Finalités et objectifs de l'épreuve :**

L'objectif de l'épreuve pratique est de déterminer si le candidat possède les connaissances et les savoir-faire expérimentaux indispensables à la mise en œuvre des appareils, de l'instrumentation, des systèmes de contrôle-commande, des automates...

Elle doit en outre permettre d'évaluer le candidat sur ces capacités d'analyse et de synthèse face à une situation expérimentale industrielle.

**Evaluation :**

L'évaluation porte sur l'ensemble des capacités du référentiel de certification, notamment :

- Choisir le matériel et le mettre en œuvre (C22)
- Configurer les systèmes (C24)
- Régler et mettre en œuvre le système de contrôle-commande associé au procédé (C3)
- Réaliser une intervention (C52)
- Repérer les risques (C61)
- Evaluer les risques (C62)

**Forme de l'évaluation.**

**🔗 Ponctuelle :**

Une épreuve pratique d'une durée de 2 heures.

Le sujet est tiré au sort par le candidat.

Les épreuves proposées respectent un équilibre équitable entre les champs disciplinaires du CIRA : la régulation, l'instrumentation, les automatismes et logique.

Les sujets, nationaux, seront utilement adaptés par chaque centre d'examen en fonction du matériel disponible, on privilégiera toutefois l'utilisation de maquettes de façon à préserver le caractère professionnel de cette épreuve.

La simulation, autorisée et conseillée dans certains cas, ne devra pas être généralisée.

**🔗 Contrôle en cours de formation :** Une épreuve pratique d'une durée de 2 heures.

Le contrôle en cours de formation comporte une situation d'évaluation expérimentale de durée 2 heures, du même type que l'épreuve ponctuelle, et située vers la fin de la formation. Le professeur-formateur peut faire également office de professeur-ressource.

Le corps d'inspection de sciences physiques veille au bon déroulement du contrôle en cours de formation.

Les candidats seront prévenus au moins quinze jours à l'avance de la date de l'évaluation. L'absence à l'évaluation sera sanctionnée par la note zéro, sauf cas de force majeure. Dans ce dernier cas, le candidat sera placé ultérieurement dans une autre situation d'évaluation, avec un sujet différent.

L'équipe pédagogique de l'établissement de formation adresse au jury une fiche d'évaluation du travail réalisé par le candidat. Après examen de cette fiche, du sujet de la situation d'évaluation et de la prestation réalisée par le candidat à cette occasion, le jury formule toute remarque qu'il juge utile et arrête la note.

Les documents fournis au jury seront tenus à la disposition de l'autorité rectorale pour la session considérée et jusqu'à la session suivante.

**Modalités de l'épreuve :**

L'épreuve repose sur un mémoire rendant compte de l'étude sur site ou de l'activité professionnelle, dans le domaine du contrôle et de la régulation ou des automatismes industriels, menées durant le stage dans une entreprise mettant en œuvre des installations automatisées relatives à des processus physico-chimiques. En conséquence, tous les candidats, qu'ils soient scolarisés ou non scolarisés, rédigent un mémoire portant sur leur activité professionnelle.

**Cas des candidats scolarisés.**

Tout étudiant préparant le BTS CIRA effectue, durant sa scolarité, un stage d'une durée effective de 12 semaines dans une entreprise. En fin de stage, un certificat attestant de sa présence lui est délivré par le responsable de l'entreprise ; ce certificat de stage est exigé au moment de l'inscription à l'examen.

Le stage est obligatoire. Un candidat qui, pour une raison de force majeure dûment constatée, n'a effectué qu'une partie du stage, peut, néanmoins, et à titre exceptionnel, être autorisé par le recteur à se présenter à l'examen. Le jury est tenu informé de la situation de ce candidat.

Le candidat qui échoue à l'examen peut, après avoir pris connaissance des conseils dispensés par le jury, choisir de se dispenser d'effectuer un nouveau stage et cela, durant les deux sessions suivant celle au cours de laquelle il n'a pas été déclaré admis. A chaque nouvelle inscription il devra fournir au centre d'examen trois nouveaux exemplaires de son mémoire à la date prévue, même si ce mémoire n'a pas été modifié. En cas d'insuffisances graves, le jury peut exiger qu'un nouveau stage soit effectué : dans ce cas, les services académiques en feront la notification par écrit au candidat au moment de la proclamation des résultats.

**Cas des candidats non scolarisés.**

Pour les candidats qui se présentent à l'examen au titre de leur expérience professionnelle ou de la formation continue, le certificat de stage peut être remplacé par un ou plusieurs certificats de travail attestant que l'intéressé a été employé dans des activités relevant du contrôle et de la régulation ou d'automatismes industriels en qualité de salarié, à plein temps pendant six mois au cours de l'année précédant l'examen, ou à temps partiel pendant un an au cours des deux années précédant l'examen.

**Finalités et objectifs de l'épreuve :**

**La soutenance du mémoire a pour but de vérifier chez le candidat son aptitude à :**

- analyser, comprendre et expliquer tout ou partie d'une unité de production industrielle ;
- préciser l'importance du procédé ;
- préciser les caractéristiques du matériel mis en œuvre ;
- expliquer le rôle et le fonctionnement du système de contrôle commande ;
- proposer éventuellement des améliorations.

**L'interrogation orale a pour but de vérifier que le contenu du mémoire :**

- est parfaitement connu et assimilé par le candidat ;  
- est bien le résultat d'une réelle autonomie de pensée et d'action du candidat au cours du stage ou de l'activité professionnelle.

Elle permet aussi de préciser certains points du mémoire. Il s'agit notamment :

- de s'assurer de l'adéquation entre les réponses du candidat aux questions posées et le contenu de son mémoire ;
- d'évaluer sa capacité à analyser et à comprendre le procédé, l'appareillage, le système de contrôle commande ;
- d'évaluer sa capacité à comparer les problèmes de même nature et à opérer les transferts de connaissances nécessaires à cette comparaison.

L'épreuve permet de valider au moins trois des capacités suivantes :

- C21 : proposer un schéma de contrôle commande ;
- C22 : choisir le matériel et le mettre en œuvre ;
- C31 : établir et mettre en œuvre un protocole de vérification et d'essais, d'intervention ;
- C32 : vérifier une conformité ;
- C33 : prérégler et assurer le démarrage ;
- C4 : communiquer et informer ;
- C6 : prévenir et protéger.

**Définition du mémoire :**

Le mémoire rendant compte de l'étude sur site ou de l'activité professionnelle, rédigé par le candidat, est dactylographié et limité à 60 pages au maximum (annexes comprises). Il contient obligatoirement :

- un résumé de deux cents mots environ précisant les points techniques essentiels de l'étude ; ce résumé est rédigé en français et en anglais.
- quatre mots-clés décrivant le document et permettant de le classer dans un fichier documentaire informatisé.

Le sommaire type de ce compte rendu d'une étude sur site est le suivant :

- en couverture : nom de l'élève, année, centre de formation, classe, nom et raison sociale de l'entreprise, sujet de l'étude,
- remerciements,
- copie du document "contrat d'objectifs",
- résumé de l'étude sur site (et non de l'ensemble du stage),
- sommaire,
- présentation de l'entreprise et du service d'accueil,
- introduction (description sommaire des différentes activités pendant le stage et introduction à l'étude proprement dite),
- **présentation du procédé,**
- **développements techniques,**
- conclusion technique et bilan personnel,
- bibliographie éventuelle,
- annexes.

Dans un délai de trois mois avant le début des épreuves écrites du BTS, trois exemplaires du mémoire seront déposés au centre d'examen. Seuls seront interrogés les candidats ayant remis leur mémoire à la date fixée ; la non-remise des trois exemplaires du mémoire à cette date sera considérée comme une absence à l'épreuve. En cas de force majeure, un candidat pourra toutefois être autorisé à déposer son mémoire dans un délai de trente jours après la date limite fixée par le recteur de l'académie dont dépend le centre d'examen. En cas de non remise au bout de ces trente jours, le candidat se verra attribuer la note zéro à l'épreuve professionnelle de synthèse.

**Nature de l'épreuve professionnelle de synthèse :**

L'épreuve professionnelle de synthèse est une épreuve orale, de coefficient 5 et de durée une heure (y compris les dix minutes de concertation réservées à la commission d'interrogation).

Il est rappelé que c'est la seule épreuve où le français est évalué au BTS CIRA : les professeurs de lettres participent à l'évaluation du rapport et à sa soutenance au même titre que les autres examinateurs.

C'est une épreuve ponctuelle qui se déroule en deux temps :

- exposé de soutenance du mémoire  
durée : minimum 20 min, maximum 25 min ; coefficient 2,5
- interrogation orale  
durée 25 min ; coefficient 2,5.

### Soutenance du mémoire.

Durant la soutenance, le candidat expose le fonctionnement du système de contrôle commande. Il a toute liberté pour l'organisation de son exposé : il peut volontairement en limiter le champ par rapport à son mémoire en choisissant les points forts de son étude et il n'est pas interrompu durant son exposé.

Les documents sont autorisés durant les 25 minutes de la soutenance, mais le candidat ne lit pas son exposé. Le candidat peut utiliser ou présenter un logiciel, une bande vidéo, un appareil de démonstration... L'évaluation sera naturellement liée à l'usage qu'il en fait.

### Interrogation orale.

L'interrogation orale porte sur le thème du mémoire. Dans un premier temps, les questions porteront donc sur le contenu de l'exposé afin d'approfondir quelques points particuliers traités par le candidat. Ensuite, le champ d'interrogation peut s'étendre au contenu du mémoire en limitant les questions qui relèvent du domaine strictement cognitif (questions de cours) : ainsi, toute question de ce genre devra être replacée dans le contexte du stage car l'épreuve d'E.P.S. ne doit pas faire double emploi avec les autres épreuves de l'examen. Enfin, on pourra évoquer les différents travaux réalisés dans l'entreprise.

Aucun document n'est autorisé durant les 25 minutes d'interrogation orale, à l'exception des schémas relatifs au procédé et à son système de contrôle commande.

*Il est rappelé que les informations recueillies par les candidats lors de leur séjour dans les entreprises peuvent avoir un caractère confidentiel. Il est donc recommandé aux examinateurs de ne pas mettre les candidats en difficulté à ce propos lors des interrogations. Ils sont eux-mêmes tenus de garantir la confidentialité de ces informations quelle que soit la forme sous laquelle elles auraient pu leur être communiquées.*

### **Composition de la commission d'interrogation :**

Cette commission d'interrogation se compose de trois examinateurs :

- un professeur spécialisé dans le domaine professionnel ;
- un professionnel qualifié (c'est à dire de niveau III ou supérieur) ;
- un professeur de lettres.

Les professionnels sont proposés par les différents centres d'examen qui se portent donc garants de leur qualification et compétence. Il convient de prévenir très tôt les partenaires industriels des dates retenues pour les interrogations afin de leur permettre d'organiser les conditions de leur présence.

L'objectivité et la crédibilité de l'évaluation impliquent la non participation des formateurs du candidat (professeurs, maître de stage ou représentant de l'entreprise ayant accueilli le stagiaire) à la commission d'interrogation. Dans ces conditions, le maître de stage peut assister, comme auditeur libre, à la soutenance du mémoire du stagiaire.

Au terme de chaque soutenance, les travaux de délibération de la commission d'examineurs se déroulent hors présence des auditeurs libres.

Les trois membres de la commission d'examineurs participent à l'évaluation du travail écrit et oral lors de cette épreuve ponctuelle. Chacun d'eux reçoit un exemplaire du mémoire dans un délai de un mois au moins avant le début des épreuves écrites du BTS pour préparer son appréciation de ce document en vue de la notation.

Afin de limiter la dispersion des notes d'une commission à l'autre, les examinateurs disposent de la grille d'évaluation présentée en annexe : chaque examinateur complète cette fiche d'aide à la décision au fur et à mesure du déroulement de l'épreuve.

Pour la concertation finale, la commission d'interrogation dispose, pour chaque candidat :

- des fiches d'évaluation des trois examinateurs,
- du contrat d'objectifs (document joint au mémoire),
- de la fiche de suivi de stage composée de deux volets (maître de stage, professeur assurant le suivi).

A partir de toutes ces informations, la commission proposera une synthèse qu'elle reportera sur une fiche d'évaluation identique (partie I et partie II dûment complétées) qui sera mise à la disposition du président du jury pour la délibération finale : c'est le document de référence en cas de réclamation de la part du candidat.

# FICHE D'EVALUATION

**B.T.S. C.I.R.A.  
E.P.S**

**NOM, Prénom du candidat**

## I. SOUTENANCE

<b>QUALITÉ DU MÉMOIRE SUR LE PLAN RÉDACTIONNEL</b>	<b>A*</b>	<b>B*</b>	<b>C*</b>	<b>D*</b>
<b>Présentation</b>				
- mise en page				
- lisibilité du document (sommaire, titres et sous-titres, schémas...)				
<b>Qualité de l'expression</b>				
- orthographe, grammaire				
- construction des phrases				
- richesse du vocabulaire				
<b>Résumé</b>				
<b>Mots clés</b> leur pertinence				

**Qualité du mémoire sur le plan rédactionnel note      /4**

<b>QUALITÉ DU MÉMOIRE SUR LE PLAN TECHNIQUE</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
plan, organisation générale, articulations, structuration de l'étude				
précision du vocabulaire technique				
investissement personnel (degré d'approfondissement...)				
lisibilité, utilisation pertinente des schémas et annexes				

**Qualité du mémoire sur le plan technique :                      note      /4**

<b>MAÎTRISE DES TECHNIQUES DE COMMUNICATION ORALE</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Qualité de l'expression</b> (vocabulaire, syntaxe...)				
<b>Clarté de l'élocution</b>				
<b>Utilisation des documents</b>				
<b>Distance par rapport aux documents</b>				
<b>Capacité à susciter l'intérêt</b>				
- force de conviction				
- rapport à l'auditoire				
- conduite de l'exposé et enchaînement des idées				

**Maîtrise des techniques de communication orale :      note      /6**

<b>CONTENU TECHNIQUE DE L'EXPOSÉ</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>NE</b>
étude et compréhension de l'installation (présentation de la problématique)					
analyse du cahier des charges (s'il y a lieu)					
analyse de l'appareillage spécifique					
analyse de la partie contrôle commande					
analyse de procédures (démarrage, arrêt, sécurités, interventions diverses)					
clarté et précision des explications					
faculté d'ordonner et de mettre en valeur les points essentiels de l'étude					
qualité des documents présentés					
qualité de la synthèse, conclusion technique, bilan personnel					

**Contenu technique de l'exposé :                      note      /6**

**TOTAL SOUTENANCE : note                      /20**

**II. INTERROGATION ORALE**

<b>QUESTIONS POSÉES</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

<b>SYNTHÈSE</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
adéquation entre les réponses du candidat aux questions et son mémoire				
degré d'approfondissement				
ouverture, aptitude à prendre du recul par rapport au sujet traité				
aptitude à s'intéresser à l'environnement industriel du lieu du stage				
aptitude à organiser et structurer les réponses aux questions posées				

**note de la partie interrogation /20**

**Récapitulation :** Soutenance (dossier + exposé) /20 x 2,5 =  
Interrogation orale : /20 x 2,5 =

**TOTAL INTERROGATION : note /20**

**HARMONISATION DE LA NOTATION**

**NOTE FINALE**

**/20**

\* **A** = très satisfaisant    **B** = satisfaisant    **C** = convenable    **D** = insuffisant    **NE** = Non Évalué

**Modalités :**

Epreuve orale d'une durée de 20 minutes, précédée d'un temps de préparation de 20 minutes.

Coefficient : 1

La langue vivante étrangère choisie au titre de l'épreuve facultative est différente de la langue vivante étrangère choisie pour l'épreuve obligatoire.

**Définition de l'épreuve :**

L'épreuve consiste en un entretien prenant appui sur des documents appropriés.



## **ANNEXE VI**

### **TABLEAU DE CORRESPONDANCE D'EPREUVES/UNITES**

## ANNEXE VI

### TABLEAU DE CORRESPONDANCE EPREUVES/UNITES

BTS contrôle industriel et régulation automatique (arrêté du 17 juillet 1986)	BTS contrôle industriel et régulation automatique (arrêté du 3 septembre 1997)		BTS contrôle industriel et régulation automatique défini par le présent arrêté	
Epreuves	Epreuves ou sous-épreuves	Unités	Epreuves ou sous-épreuves	Unités
Anglais	E1 Langue vivante Etrangère : anglais	U1	E1 Langue vivante Etrangère : anglais	U1
Mathématiques	E2 Mathématiques	U2	E2 Mathématiques	U2
Sciences physiques	E3 Sciences physiques  ● chimie-physique  ● physique appliquée	U31  U32	E3 Sciences physiques  ● chimie-physique industrielles  ● physique appliquée	U31  U32
Automatismes et logique	E4 Automatismes et logique	U4	E4 CIRA  ● instrumentation et régulation  ● automatismes et logique	U41  U42
Instrumentation et régulation	E5 Instrumentation et régulation	U5	Epreuve pratique CIRA	U5
Epreuve professionnelle de synthèse	E6 Epreuve professionnelle de synthèse	U6	Epreuve professionnelle de synthèse	U6

# GLOSSAIRE

EXPRESSION	DEFINITION	NORME
<b>A.P.I.</b>	Automate Programmable Industriel. Cette expression implique un système numérique destiné, principalement, aux traitements logiques (Tout Ou Rien) séquentiels ou combinatoires, dans les divers modes de marche, d'arrêt, de défaillance, d'un Système Automatisé de Production.	
<b>C.H.S.C.T.</b>	Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail.	
<b>Cahier des charges</b>	Ensemble de spécifications organisées en un dossier remis par "un client" à son "fournisseur".	
<b>Cahier des charges fonctionnel ( CdCF)</b>	Document par lequel le demandeur exprime ses besoins en termes de fonctions de service et de contraintes. Des critères d'appréciations et de niveaux sont émis. Chacun des niveaux est assorti d'une flexibilité.	NF X 50 -151
<b>Configurer un système, Configuration Matérielle</b>	Il s'agit d'une étape dans la mise en oeuvre d'un A.P.I. ou d'un S.N.C.C. qui implique le choix des matériels, de leurs emplacements et de leurs interconnexions.	
<b>Configurer un système, Configuration logicielle</b>	Il s'agit d'une autre étape dans la mise en oeuvre d'un A.P.I. ou d'un S.N.C.C. qui consiste en un chaînage de blocs fonctionnels. On ne confondra pas avec le terme <i>programmation</i> qui fait référence à l'utilisation d'un langage.	
<b>Défaillance</b>	Cessation aléatoire de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction.	NF 60 - 500
<b>Fiabilité</b>	Probabilité pour qu'un équipement (une entité) accomplisse une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné. On la caractérise par une fonction. $F(t) = e^{-\lambda t}$ , $\lambda$ taux de défaillance (nombre de pannes/unité de temps), ici constant.	NF 60 -500
<b>Liaisons réseaux</b>	En contrôle industriel, on songe surtout aux réseaux locaux. Ils permettent une communication "temps réel" entre les matériels hétérogènes d'un Système Automatisé de Production permettant le transfert fiable d'informations entre les matériels connectés.	<i>Implicite</i> NFZ70.001 ( <i>modèle OSI</i> )
<b>Maintenabilité</b>	Cette expression caractérise l'aptitude à une intervention préventive ou curative.	
<b>Normes</b>	Ensemble de textes réglementaires formalisant le respect d'exigences essentielles et applicables techniquement.	
<b>P.C.F.</b>	Plan de Circulation des Fluides. équivalent en Anglais : P.F.S. (Process Flow Sheet).	E 04-203-3
<b>P.F.S.</b>	Process Flow Sheet. équivalent en Français : P.C.F.. (Plan de Circulation des fluides).	E 04-203-3
<b>P.I.D.</b>	Piping and Instrument Diagram. équivalent en Français : T.I. (Plan de Tuyauterie et d'Instrumentation).  Proportionnelle - Intégrale - Dérivée (actions d'un régulateur).	E 04-203-3
<b>P.O.I.</b>	Plan d'Opération Interne.	
<b>P.P.I.</b>	Plan Particulier d'Interventions.	
<b>Préréglages</b>	Réglages préliminaires.	
<b>Procédé</b>	Ensemble des installations réalisant les opérations de fabrication d'un produit (Process).	

<b>Procédé de fabrication</b>	Ensemble des opérations, unitaires et ordonnées, d'élaboration d'un produit.	
<b>Procédure</b>	Méthode à suivre afin d'obtenir un résultat.	
<b>Processus</b>	Ensemble des opérations d'élaboration d'un produit selon un procédé déterminé, au moyen d'appareils de traitement et de transformation. Ces opérations peuvent être conduites de façon continue ou discontinue (Batch).	
<b>Programme de maintenance</b>	Ensemble d'actions permettant de maintenir ou de rétablir un équipement dans un état spécifique. Le programme de maintenance cherche à améliorer la maintenabilité. On distingue principalement : > La maintenance préventive (systématique et/ou conditionnelle). > La maintenance prédictive. > La maintenance curative sur défaillance. On utilise actuellement des logiciels de <b>Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (G.M.A.O.)</b> .	<i>Implicite</i> NFX60010
<b>Réception technique</b>	Vérification de la conformité par rapport aux spécifications.	
<b>Retour d'expérience</b>	Capitalisation et exploitation des événements survenus.	
<b>S.N.C.C.</b>	<b>S</b> ystème <b>N</b> umérique de <b>C</b> ontrôle <b>C</b> ommande.	
<b>Schéma de montage</b>	Schéma d'installation des instruments (aspect mécanique).	
<b>Schéma T.I.</b>	Schéma (Plan) de Tuyauterie et d'Instrumentation. équivalent en Anglais : P.I.D. (Piping and Instrument Diagram).	E 04-203-3
<b>Spécifications techniques</b>	Caractéristiques techniques qui correspondent à un besoin "client" ou à un matériel donné.	<i>Implicite</i> NF Z50 - 151
<b>Système</b>	Ensemble d'éléments matériels ou non, en relation les uns avec les autres et formant un tout afin de remplir un objectif donné. Dans le domaine de la régulation, on retrouve : - Le système commandé (dispositif de production). - Le système de commande.	