PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
V. Introduction à la régulation. Notion de système commandé en chaîne fermée. Schéma fonctionnel d'un tel système.	• Savoir reconnaître dans un montage régulé les fonctions simples de l'électronique du programme. • Savoir que la régulation doit être faite autour du point de fonctionnement du montage.	On utilisera les fonctions de l'électronique étudiées au niveau d'une maquette de boucle de régulation. Cette étude ne sera faite que pour des systèmes en équilibre (voir fiche annexe).

TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE, ÉLECTRONIQUE, INFORMATIQUE ET PHYSICO-CHIMIE

PROGRAMME	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
I. Etude du matériel de mesure utilisé au laboratoire: Générateur BF, oscilloscope. Etude de circuits R, L, C, série en régime sinusdidal. Etude d'un transformateur suppose parfait. Etude sommaire et applications de quelques capteurs et transducteurs. Fonction redressement non commandé. Fonction amplification. Fonction régulation.	Il est souhaitable que toute cette partie du programme soit traitée en liiison avec le cours d'électricité-électronique.
II. Etude d'appareils d'analyse pris dans la liste ci-dessous. principe et utilisation d'un: – photomètre de flamme, – spectrophotomètre d'absorption atomique, – chromatcgraphe en phase gazeuse, – conductimètre, – ionomètre. Utilisation d'un polarographe.	Ces TP permettent de retrouver les fonctions précédentes dans les appareils d'analyse utilisés dans l'activité professionnelle du secteur chimie. Le choix prendra en compte le matériel disponible.

TECHNOLOGIE ET GÉNIE CHIMIQUES

Technologie et génie chimiques (4 heures)
Atelier de génie chimique (3,5 heures)

Arrêté du 9 mars 1993

(BO hors série du 30 décembre 1993- Tome III - Brochure 3 bis)

L'enseignement de la technologie et du génie chimiques occupe environ un quart de l'horaire en classe Terminale. Il est dispensé, comme en classe de Première, en groupe de TP et est illustré et complété par une pratique en hall de génie chimique (groupe d'atelier).

L'horaire indiqué est hebdomadaire, la réalisation de Travaux Pratiques de génie chimique peut nécessiter que les élèves soient sur les installations une journée complète par quinzaine.

S'appuyant sur les acquis des cours et Travaux Pratiques de Physique et de Chimie, intégrant les évolutions technologiques et la pratique informatique, cet enseignement apparait comme une zone privilégiée de synthèse et d'interdisciplinarité et un trait d'union fort entre formation initiale et industrie.

Il est à ce titre fondamental, tant en vue d'une poursuite d'études que d'une intégration professionnelle au niveau IV.

Le programme est articulé autour de deux aspects principaux: l'organisation générale d'une usine d'une par-t et le génie des procédés d'autre par-t. Dans les deux cas, il s'agit d'analyser les contraintes techniques et de comprendre les choix effectués en fonction du but poursuivi.

Les problèmes liés à la sécurité et à l'environnement doivent être une préoccupation permanente. Après une sensibilisation initiale, on donnera l'information necessaire soit sous forme spécifique, soit en liaison avec les activités expérimentales. La formation correspondante sera évaluée à travers le compottement des élèves.

Les objectifs à atteindre et les notions indispensables à connaitre sont répertoriés paragraphe VII : Sécurité.

L'enseignement du schéma n'exclut pas, lorsque l'opportunité existe, l'utilisation de logiciels simples de DAO.

PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
I. ORGANISATION GÉNÉRALE D'UNE USINE CHIMIQUE		
1.1. Implantation d'une usine de produit chimique: conditions économiques, humaines, géographiques, techniques 1.2. Organisation générale de l'usine : – Organigramme simple d'une entreprise moyenne – Différentes fonctions, différents services.		Dette étude s'appuiera, si possible, sur un exemple précis: compte tenu de la diversité des situations, il parait préférable de dégager les idées générales à partir de l'étude d'un cas choisi en liaison avec une industrie proche.
II. MATÉRIAUX		
II.1. Rappels et compléments sur les matériaux: justification des choix. 11.2. Corrosion et protection.	• A partir d'une fiche technique, justifier le choix du matériau. • Connaitre les principes des méthodes de protection.	Cette étude essentiellement technique s'appuiera sur des cas précis en particulier rencontrés dans l'atelier de génie chimique; on insistera sur les points suivants : – La multipliié des matériaux disponibles fait que pour un problème donné il est possible, dans la plupart des cas, de trouver un matériau répondant aux exigences techniques et économiques. – Il est impossible de mémoriser les caractéristiques physiques et chimiques des matériaux disponibles sur le marché mais on peut aisément avoir accès à la quasi totalité d'entre elles. – Un matériau doit être utili dans un certain domaine physique. En dehors de celui-ci la fiabifiié peut être remise en cause.
HI. GÉNIE CHIMIQUE ET DES PROCÉDÉS		
Dette partie du programme a pour objectif d'étudier les principales techniques mises en ceuvre dans l'industrie pour assurer : transferts de matière, transferts d'énergie, transfonnation de matière, contrôle et commande de grandeurs physico-chimiques.		
111.1. Transport de matière. • des solides : – continu mécanique, – continu pneumatique.	• Savoir réaliser un dessin fonctionnel. • Connaitre les exigences de sécurité.	Tout ceci sera traité en liaison étroite avec le schéma. Le « dessin fonctionnel » désigne un schema montrant le principe de fonctionnement de l'appareil.
• des liquides : – relation fondamentale de l'hydrostatique	• Connaître et savoir utiliser la relation $\Delta p = h \rho g$.	

PRCGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
	• Distinguer pression absdue, pression effective (ou relative).	
– notions d'hydrodynamique : • cas des fluides parfaits.	• Savoir appliquer la formule de Dernoulli à des situations concrètes : – débitmètre déprimogène, – monte jus.	La formule de Bernoulli sera donnée. On indiquera qualitativement le sens physique des différents termes. Dans ces deux exemples, on négligera la perte de charge.
• cas des fluides réels : – notion de perte de charge, – nombre de Reynolds.	• Savoir identifier le mode d'écoulement en fonction de la valeur du nombre de Reynolds. • Savoir faire les calculs de perte de charge, les coefficients de pertes de charges unitaires étant donnés.	On pourra, si cela est possible, visualiser les différents modes d'écoulement dans les travaux d'atelier. On utilisera des tableaux et abaques si necessaire. On donnera les conversions d'unités utilisées.
• application aux pompes: – hauteur manométrique dune pompe, – puissance, – justification du choix.	• Savoir faire un dessin fonctionnel. • Savoir faire un dessin fonctionnel. • Savoir calculer la hauteur manométrique, la puissance utile, la puissance effective et le rendement d'une pompe, la hauteur manométrique maximale d'aspiration. • Connaitre les raisons du choix d'une pompe.	On reprendra l'étude de Première que l'on complétera en liaison avec les travaux pratiques. L'association de deux pompes sera essentiellement vue en TP. On signalera l'importance du phénomene de cavitation.
• des gaz : – compresseur et pompe à vide.	• Savoir faire un dessin fonctionnel.	Rappel du programme de Premiere.
111.2. Production et transfert de chaleur.		
• Production de chaleur : – les combustibles : définition, caractéristiques, principaux exemples; – production de la chaleur : - foyers pour combustibles solides - brûleurs pour combustibles liquides - brûleurs pour combustibles gazeux ; – les fours : - à combustible - à chauffage électrique.	• Connaître les définitions du pci et du pcs d'un combustible. • Savoir faire un dessin fonctionnel.	Cette partie doit rester très modeste.
• Transfert de chaleur : . Le transfert de chaleur: – conduction: calculs de transfert de chaleur, – convection: calculs de transfert de chaleur, – notions de rayonnement, – applications, isolation, calorifugeage.	• Savoir calculer un flux thermique, une quantité de chaleur, une surface de transfert. On utilisera l'expression $\phi = K_s S_m \Delta\theta$ où K_s est le ccefficient de transmission thermique globale surfacique.	On se limitera à la conduction à travers les solides. On se limitera à l'étude d'une surface plane. On donnera la formule utile. On utilisera les unités du système international.

PROGRAMME	MIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
		On abordera le cas de deux parois superposées. Pour la convection, on donnera la valeur du wefficient. On citera le rayonnement.
• Echangeurs: – modes de fonctionnement	• Savoir distinguer co-courant et contre-courant. • Savoir utiliser les courbes d'évolution des températures pour déterminer l'écart moyen de température entre les deux fluides.	On étudiera qualitativement le cas du doubk? tube coaxial. On donnera $\Delta \theta_m = \frac{\Delta \theta_1 - \Delta \theta_2}{\text{Log}\, \Delta \theta_1 / \Delta \theta_2}$
– expression du flux d'échange	• Savoir calculer un flux, une quantité de chaleur, une surface de transfert pour un échangeur.	On introduira le coefficient global d'échange. On fera le lien avec les TP.
– quelques exemples d'échangeurs.	• Savoir représenter différents types d'échangeurs: – double enveloppe, – tubes waxiaux, – faisceau tubufaire.	Ceci est en liaison avec le schema et l'atelier de génie chimique. On ne demandera pas la représentation d'échangeurs « multiples passes ».
• Production de vapeur et utilisation : • Constantes et formules relatives à la vapeur d'eau.	• Connaitre le vocabulaire (capacités thermiques, enthalpie de vaporisation, temperature de changement d'état, pression de vapeur saturante). • Savoir calculer une quantité de chaleur lors d'un changement d'état, d'un chauffage ou d'un refroidissement. • Savoir distinguer vapeur saturante et surchauffée, la pression et la temperature étant données.	
• Le générateur de vapeur.	• Savoir réaliser un dessin fonctionnel d'un générateur à tubes d'eau en précisant les accessoires de contrôle et de sécurité.	
• Echangeurs avec changernent d'état : condenseurs et bouilleurs.	• Savoir faire un dessin fonctionnel. • Savoir justifier la position des échangeurs et les entrées et sorties desfluides.	En liaison directe avec le schéma et la régulation et en refation avec l'atelier de genie chimique.
• Production du froid et utilisation: • Machine frigorifique par compression.	• Connaitre le cycle du fluide frigorigene. • Savoir faire un dessin fonctionnel. • Savoir faire un bilan thermique sur une partie de l'appareil.	Ceci peut être fait avec profit au cours d'un TP. Sans que cela soit exigible des élèves, on introduira le coefficient de performance d'une pompa à chaleur.
• Exemples d'application du froid.		On citeraen particulier l'utilisation de l'air liquide.
• Fluides thermiques : – caractéristiques et utilisations.	• Justifier le choix d'un fluide thermique.	
111.3. Réacteurs Réacteur detype Grignard et ses équipements.	• Justifier le choix des équipements en fonction du procédé.	On se limitera au réacteur de type Gdgnard. Dans l'étude des équipements de réacteurs on insistera sur :

PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
		– le chauffage et le refroidissement; – l'agitation (on citera les principaux modes d'agitation); – les disposiiifs d'étanchéité (pour l'utilisation sous vide et sous pression moyenne, au wuvercle et à l'arbre de transmission de l'agitateur) ; – l'introduction des réactifs solides, liquides ou gazeux (on évoquera le problème des temps de séjour) ; – la vidange; – le travail à reflux ; – les instruments de contrôle et de régulation ; – la sécurité.
111.4. Opérations unitaires		Toute étude de type encyclopédique est totalement exclue. On partira, pour chacune des rubriques traitées ici, d'un ou deux exernples à partir desquels on fera apparaitre fa méthodologie mise en œuvre et les lois physico-chimiques appliquées. L'étude des différentes opérations unitaires doit comprendre l'établissement de bilans matière et de bilans énergétiques.
• Retour sur les techniques de séparation vues en classe de Première		
• Filtration	• Expliquer le fonctionnement à partir du schema d'un filtre et de ses équipements. • En fonction des objectifs opératoires, justifier le choix d'un filtre.	L'analyse des facteurs est faite sans calculs. L'étude des milieux filtrants comporte celle des adjuvants de filtration. Pour les techniques mises en œuvre on cite gravité, pression accrue et pression réduite. Les appareillages décrits comprennent un filtre fonctionnant par gravité, un filtre diswntinu fonctionnant sous pression accrue et sous pression réduite, un filtre continu.
• Sédimentation et décantation	• Connaître pri ncipe et schéma du florentin. • Savoir calculer la hauteur du florentin en fonction de la position de l'interphase. • Connaître fa définition d'un titre massique.	L'analyse des facteurs est faite de manière qualitative, sans calculs ; on signalera leur influence sur la vitesse limite de chute. On donne le principe de la décantation continue et discontinue. Par contre en ce qui concerne l'appareillage, on traite seulement la décantation continue pour une émulsion (florentin) et pour une suspension.
• Centrifugation – application à la decantation : centrifugeuse; – application à la filtration: essoreuse.	• Les schémas étant donnés, décrire le fonctionnement.	L'étude reste, ici aussi, qualitative. On décrit une centrifugeuse discontinue pour suspension, une centrifugeuse continue pour suspension.

PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
		En ce qui concerne l'essorage on traite une essoreuse en diswntinu et une essoreuse séquentielle.
• Dépoussiérage des gaz : techniques mises en œuvre et appareillage.		Séparation mécanique: traiter un ou deux appareils dont le cyclone. Séparation par filtration : un appareil. Par pulvérisation : un appareil. Electrostatique : traiter l'appareil à tubes ou l'appareil à plaques.
• Fragmentation des solides et classement mécanique.		Comme procedé on cite la wmpression, les chocs, les actions combinés. Les étapes de fa fragmentation sont le concassage, la granulation-broyage, la pulvérisation-micronisation. On traite brièvement un apparei l permettant de réaliser chaque étape, sans oublier les problèmes de sécurité qui se posent. On traite d'un appareil servant au classement mécanique.
• Distillation. Retour sur les bases théoriques développées en Premiere. Notion sur les méthodes simples de calcul des colonnes: méthode de Mac Cabe et Thiele à reflux total. Notion de taux de reflux. Appareillage industrie1: schema d'ensemble d'une installation fonctionnant en discontinu et d'une installation fonctionnant en continu.	• Connaitre fa notion de vapeur saturante. • Connaître la définition de la fraction molaire. • Savoir lire et utiliser un diagramme isobare: pour une composition donnée d'une phase, trouver la temperature d'équilibre et la composition de l'autre phase. • Savoir comment évoluent température et compositions des deux phases le long d'une colonne à reflux total. • A partir de données concernant l'équilibre liquide-vapeurd'un mélange zéotropique, construire le diagramme de Mac Cabe et Thiie à reflux total. L'utiliser pour déterminer graphiquement le nombre de plateaux théoriques. • Connaitre la définition du taux de reflux : $R = \frac{L}{D} = \frac{\text{débit massique du reflux}}{\text{débii massique du distillat}}$ • Savoir schématiser une installation de distillation fonctionnant en wntinu et en discontinu, sous pression atmosphérique et sous pression réduite. • Savoir placer les accessoires de contrôle, régulation et sécurité.	La base de la théorie a été traitée en Prernike. Il ne sera pas inutile de la reprendre ici en la complétant. On se limitera à ce sujet aux points suivants: Courbes isobares de mélanges azéotropiques. Définition des coefficients de volatilité absolue et relative. Détermination graphique du nombre de plateaux théoriques à reflux total par la méthode de Mac Cabe et Thiele. Calcul de la hauteur équivalente à un plateau théorique. A l'occasion des Travaux Pratiques, on fera remarquer les diiérences entre les comportements réels à reflux donné et à reflux total. L'appareillage comprend : Chaudière ou bouilleur (interne ou externe) ; Dolonne à plateaux: décrire trois types de plateaux ; Dolonne à garnissage : décrire une colonne et donner deux exernples de garnissages industriels. Système de rétrogradation à condensation partielle (déflegmateur) et à condensation totale (condenseur). Appareils de transfert de chaleur : préciser leur rôle et mentionner les types les plus udii.

PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
		Instrumentation: contrôle, régulation, sécurité. En schema on étudiera des colonnes à rectifier en discontinu et en continu, sous pression atmcephérique et sous pression réduite.
• Evaporation: – simple effet, – effets multiples, – description de deux exemples d'appareils.	• Savoir faire un bilan massique, un bilan thermique sans recyclage, dans le cas d'un évaporateur à simple effet. • Savoir schématiser un évaporateur à simple effet. • Le schéma étant donné, expliquer le principe de fonctionnement d'un évaporateur à simple effet ou à effets multiples.	Parmi les techniques mises en œuvre on cite l'évaporation à temperature ordinaire, l'évaporation par chauffage sans ébullition et avec ébullition, sous pression réduite et sous pression atmosphérique. On donne le principe de l'évaporation à multiples effets, en précisant son avantage par rapport à l'évaporation à simple effet. On décrit ensuite deux appareils industriels au choix.
• Cristallisation : techniques mises en ceuvre et appareillage.	• Savoir utiliser les courbes donnant la solubiliié en fonction de la ternpérature. • Savoir faire un bilan massique dans le cas de cristaux non solvatés.	On traitera les méthodes par ensemencement, par wncentration, par refroidissement. On décrira le phénomène de blindage. On justifiera le rôle de l'agitation, de la vitesse de refroidissement. Dans le cas de cristaux solvatés, le bilan massique ne donnera pas lieu à question au baccalauréat.
	• Le schema étant donné, expliquer le principe de fonctionnement d'un cristalliseur.	On décrira un appareil par refroidissement et un évaporateur concentrateur par ébullition sous pression réduite.
• Séchage par évaporation. Différentes méthodes: – par léchage à l'air ; – sous vide; – atomisation, pulvérisation.	• La définition de l'humidiié et ses valeurs initiale et finale étant données, savoir faire le bilan massique. • Savoir schématiser un séchoir en continu et ses accessoires.	On définira le taux d'humidiié pour un échantillon donne: $\tau = \frac{\text{masse solvant}}{\text{masse échantillon sec}}$ On décrira un séchoir fonctionnant en continu et en discontinu.

IV. CONTRÔLE ET RÉGULATION EN GÉNIE CHIMIQUE

		Dans toute cette étude, on s'attachera à préciser le rôle des régulations et des mesures en liiison avec le procédé de fabrication. On en parlera donc chaque fois que l'occasion se présentera et on justifiera ainsi intérêt ou nécessité.
IV.1. Mesures. Rappels de Première : Mesure des volumes, des masses, des débiis, des pressions, des temperatures.	• Connailre les unités des grandeurs mesurées. • Savoir effectuer une lecture.	La mesure est une activiié que le chimiste pratique constamment. Après une présentation generale des techniques mises en jeu, on aura, durant toute l'année, l'occasion de perfectionner le savoir faire des élèves.

PROGRAMME	MIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET CCMMENTAIRES
N.2. Boucle de régulation simple : – Description d'une boude simple.	• Le schéma d'une boucle étant donné, savoir identifier : – grandeur à régler, – grandeur(s) perturbatrice(s), – grandeur réglante, – consigne. • Sur le même dispositii, identitier: – capteur(s), – transmetteur(s), – régulateur(s), – actionneur(s).	On partira d'un dispositii concret simple.
– Exemple de régulation : ● toutourien, • PID.		On se limitera à un exempte simple. En montrant les insuffisances d'une action tout ou rien, on montrera qualitativement l'intérêt d'une action proportionnelle et d'une action integrale. On se limitera à signaler te rôle d'une action dérivée. On pourra éventuellement simuler les courbes de réponses correspondant aux différents modes de régulation.
IV.3. capteurs. Mise en œuvre des capteurs de: – temperature, – pression, – niveau, – vitesse de rotation, – débit, – densité, – pH.	• Savoir, sur te schéma de fabrication, placer les capteurs nécessaires au contrôle et à la régulation.	A partir de situations rencontrées en génie chimique, justifier le choix et krnplacement d'un capteur. On pourra analyser en Travaux Pratiques les condiiions de fonctionnement de capteurs plus spécifiques. Toute étude de type encyclopédique est totalement exclue. On se réfère, si besoin est, à la documentation technique foumie.
IV.4. Actionneurs.	• Savoir, sur le schema de fabrication, placer les actionneurs nécessaires.	Sur les installations rencontrées, on identiiera les actionneurs, on précisera leur rôle, on justifiera leur emplacement.
V. SCHÉMA		
Etude des différents types de schémas: schéma de principe, schéma de procédé ; schéma d'appareillage, schéma détaillé de fabrfcation.	• Savoir utiliser les différents types de schema. . Savoir réaliser un schema de fabrication à partir d'un descriptif de procede.	L'enseignement du schéma est intégré à la technologie. Les normes étant fournies, le rôle des élèves consiste à représenter l'installation d'après une descrfption détaillée. Leur travail se borne à la mise en place d'appareils de mesure ou de sécurité, mais aussi, éventuellement à la résolution de problèmes simples d'implantation relative et de racwrdement des appareillages. Dans la réalisation de schémas on intégrera l'étude de boucles de régulation. En aucun cas l'élève n'aura à concevoir tout ou partie d'une chaîne de fabrication.

PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE	INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES
VI. ACTIVITÉS D'ATELIER DE **GÉNIE CHIMIQUE**		
VI.1. Opérations simples de génie chimique: – Réglage d'un chauffage selon un programme établi. – Influence du taux de reflux sur le fonctionnement d'une colonne. – Bilan thermique d'un appareil de réaction ou d'un appareil de distillation. – Transferts thermiques. – Etude de pompes. – Dynamique des fluides. VI.2. Opérations simples de synthèses organiques et minérales. VI.3. Opérations élémentaires de purification : – Cristallisations avec contrôle de la qualiié des produits. – Distillatii; rectifications sous pression atmosphériqueet sous pression réduite. – Entraînement à la vapeur d'eau. – Evaporation, concentration. – Traitement de l'eau. – Filtration. VI.4. Conduite de postes équipés de diii de régulation automatique: réglage des actions, compréhension d'une régulation simple (PID).		Ce type de fcrmation est destiné à former des techniciens pouvant ultérieurement travailler en demi-grand ou en production. En conséquence, il convfent de travailler avec du matériel de type industriel, sur des problèmes concrets, en faisant acquérir les habitudes de travail necessaires. Il est donc nécessaire d'organiser, si possible, dea séances de sept heures avec passage de consignes et établissement d'un cahier de poste. Les problèmes posés par le changement d'échelle seront bien entendu expliiés. Enfin on veillera àfaireacquérfr les règles de sécurité et les comportements qui découlentdeleurrespect. Le fait de travailler dans des conditions proches de celles de l'industrie implique, compte tenu des acquis des élèves, de disposer d'équipements modernes, sûrs, pédagogiquement adaptés. En conséquence le matériel devra respecter les conditions d'hygiène et sécurité conformément à la législationen vigueur.

VII. SÉCURITÉ

INSTRUCTIONS ET COMMENTAIRES

Les préoccupations de sécurité sont intégrées à toutes les pratiques expérimentales.

Les travaux pratiques, en particulier ceux de génie chimique, permettent des études de cas car ils reproduisent des situations professionnelles.

Les objectifs de formation sont les suivants:

• Mettre en œuvre une méthode d'analyse « a priori » des risques liés à une manipulation ou à une activité :

– inventaire correct et exhaustif des réactifs utilisés et des produits susceptibles d'être obtenus;

– descrfption des différentes catégories de risques encourus: risques chimiques, risques électriques, risques liés à l'utilisation de machines et d'appareils.

- Mettre en ceuvre une méthode d'analyse « a posteriori » des risques: analyse des incidents et accidents survenus dans des manipulatiins ou activités du même type et mise en évidence logique et argumentée de facteurs potentiels d'accidents.
- Répertorier les textes réglementaires, les normes, les recommandations, les « Bonnes Pratiques de Laboratoire », les règlements intérieurs qui s'appliquent à une manipulation ou à une siiuation donnée.
- Prévoir les mesures de sécurité conformes au diagnostic réalisé pour la manipulation ou l'activité envisagée.
- Prendre des mesures de sauvegarde adaptées en cas de dysfonctionnernent et de danger: arrêt immédiat des appareils et des instal lations, neutralisation ou destruction ou évacuation des produits.
- Savoir donner l'alerte en cas d'accident.
- Savoir protéger du suraccident et transmettre l'alerte aux services de sauvetage-secours et de soins adaptés.
- Savoir intervenir en cas de brûlure par flamme ou de projections de produits corrosifs.
- Estimer les conséquences possibles sur l'environnement.

PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE
I. Cadre juridique et social I.1. Définition des accidents du travail et des maladies profes-sionnelles 1.2. Structures administratives et procédures: – pouvoirs publics, – sécurité sociale, – gestion des accidents du travail et des maladies professionnelles dans l'entreprise, – identification et rôle des différentes instances de prévention dans l'entreprise (chef d'entreprise, services médicaux du travail, CHSCT), – procedure de déclaration d'un accident du travail, d'une maladie professionnelle d'une maladie à caractère professionnel.	
II. Le risque chimique	
11.1. Définitions II.1 .1. Le risque incendie ou explosion	• Définir les termes suivants: – incendie (triangle du feu), – explosion: notion de LIE (Limite Inférieure d'Explosibilité) et de LSE (Limite Supérieure d'Explosibilité), – produit inflammable, – produit wmburant, – produit explosff.
II.1.2. Le risque d'altération de la santé	• Indiquer les diiérentes voies de pénétration dans l'organisme (voies digestive, percutanée et pulmonaire). • Classer les différentes catégories de produits par rapport à leurs effets physiolcgiques: irritants, corrosifs, nccifs, toxiques, allergisants, cancérogènes, tératogènes...
11.2. Détection et mesure	
II.2.1. Le risque d'incendie et d'explosion	• Présenter sommairement le rôle d'un explosimètre et d'un analyseur d'oxygène.
II.2.2. Le risque d'altération de la santé	• A partir d'exemples de produits utilisés dans la profession: – lire et interpréter une étiquette normalisée, – wmmenter une fiche toxicologique.

PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE
11.3. Prévention II.3.1. Prévention du risque d'incendie ou d'explosion	• Décrire les actions possibles au niveau du « triangle du feu » : combustible, comburant, sources d'énergie. • Présenter les différents types d'extincteurs. • A partir de l'exposé d'un cas concret, choisir l'extincteur approprié à une classe de feu ; justifier le choix.
II.3.2. Prévention du risque d'altération de la santé : – prévention intégrée: choix d'un produit, éloignement des opérateurs, automatisation..., – protection collective : captage à la source, ventilatiin, – protection individuelle: gants, lunettes, bottes, vêtements, appareils respiratoires anti-gaz et anti-poussière, – prévention et surveillance medicale.	• A partir de la relation de cas concrets ou l'examen des disposiiions prises en travaux pratiques technolcgiques, analyser les mesures de prévention adoptées.
III. Le risque électrique	
III.1. Risques physiologiques	• Répertorier les diiérentes manifestations dues au passage du courant à travers te corps humain: picotement, secousse, brûlure, tétanisation, fibrillation du cceur, électrocution. • Enoncer et justifier les différents facteurs à prendre en wmpte: – seuil dangereux de l'intensité, – variation de la résistance du corps humain (notion de Tres Basse Tension de Sécurité TBTS), – durée du contact électrique, – trajet du wurant électrique.
111.2. Sources du risque	• Répertorier les sources de ri sque : – contact direct: conducteur normalernent sous tension, – contact indirect : élément conducteur accidentellement sous tension, – cas particulier de l'électricité statique.
111.3. Prévention III.3.1. Textes réglementaires : Décret du 14 novembre 1988 traitant de fa protection des travailfeurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.	• A partir de l'analyse d'extraits de textes réglementaires, justifier les mesures de prévention envisagées dans une situation donnée.
III.3.2. Protection contre les risques de contact direct III.3.3. Protection contre les risques de contact indirect III.3.4. Mesures à prendre en cas d'utilisation d'appareils électriques	• Indiquer et justifier les différentes mesures de prévention : mise hors de portée par éloignement, par obstacle, par isolation ; wnsignes avant intervention. • Indiquer et justifier les différentes mesures de prévention : inaccessibilité des masses, mise à la terre des masses. • Indiquer les différentes mesures de prévention : examen de l'état apparent du matériel, contrôle de la mafntenance, usage conforme à l'utilisation prévue.
N. Les risques liés à l'utilisation de machines et d'appareils IV.1. Identification des risques IV.2. Prévention	• Pour un matériel donné, identifier la ou les sources de risque mécanique. • Sur un matériel donné, repérer le ou les dispositii de sécurité.

PROGRAMME	EXIGENCES ÉLÈVE
V. Les risques liés à l'activité physique de l'opérateur	
V.1. Différents types de risques : – risques liés aux postures de travail, – risques liés à la manutention de charges lourdes – risques de chutes.	• Enoncer les différents types de risques liés à l'activité physique de l'opérateur.
V.2. Prévention	• Indiquer et justifier les mesures de prévention: considérations ergonomiques et formation des opérateurs aux gestes et postures.
VI. Risques liés aux radiations ioniintes	• Enumérer les principaux effets biologiques des radiations ionisantes. ● Présenterlesprincipesdescoiwes et des mesures de prévention.

ANNEXE : RÉGULATION-ASSERVISSEMENT

I. Soit un ***système*** qui, lorsqu'on lui impose une grandeur d'entrée **e,** répond par une grandeur de **sortie s :**

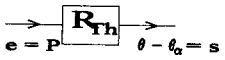
on **appelle** ***transmittance*** le rapport $\frac{s}{e} \Rightarrow T = \frac{s}{e}$

Pour obtenir la grandeur de **sortie** s_o désirée, il suffit de lui imposer la grandeur d'entrée $e_o = \frac{s_o}{T}$

Exemples: **1) ampliicateur idéal**

T = A

2) élément chauffant (four)



T = R_{Th}

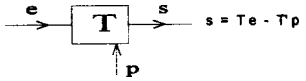
3) cuve

a) si s est la hauteur de liquide, e sera le volume de liquide introduit, et $T = \frac{h}{V}$

b) si s est la **« vitesse** de remplissage **»,** e sera le débit de la pompe, et $T = \frac{\Delta h/\Delta t}{D}$

Remarque : il **faut donc** définir le système, mais **aussi** les grandeurs d'entrée et de **sortie.**

II. Le système **subit** des ***perturbations*** aléatoires qui modifient la relation **entre** s et e :



et on ne peut plus se **contenter** d'imposer $e_o = \frac{s_o}{T}$

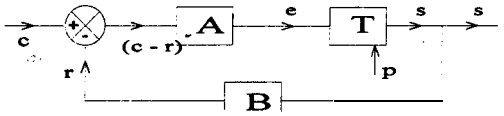
Exemples: 1) Lorsque l'amplificateur **débite** un courant **i,** la **chute** de **tension dans** sa résistance de **sortie** est une perturbation.

2) Lorsqu'on modifie la configuration du **four** par introduction ou **retrait** de pièces, on crée des perturbations (manceuvre de la porte, variation de masse...)

3) Si on soutire du liquide, on **perturbe** le système.

III. La connaissance de la transmittance ne suffit plus pour imposer la grandeur d'entrée necessaire à l'obtention de la grandeur de **sortie** désirée. Il **faut** alors ajuster **sans cesse** la grandeur **d'entrée,** en fonction de la mesure de la grandeur de **sortie.**

Ceci peut **être fait** manuellement, ou **être** obtenu automatiquement par un asservissement, en faisant réagir la **sortie sur l'entrée.**



– L'ensemble (A, **T)** est la **chaîne** d'action, où (A) est un amplificateur.

– (B) est la **chaîne** de réaction (qui doit Observer s **sans** la modifier, et élaborer **r).**

– **c** est la grandeur **consigne (afficher** c revient à **afficher s** désirée).

– **r** est la grandeur de **retour,** élaborée par (B) **à partir** de s.

est un soustracteur (appelé improprement comparateur) qui **élabore** (c – **r). (Ces deux** grandeurs doivent **donc être** de **même** nature).

O n **a donc** s = A . T (c - r) - T ' p **avec** r = B s **soit** $s = \frac{ATc - T'p}{1 + ATB}$

si A, amplification est >> 1:

• $s \simeq \frac{AT}{1 + ATB} c \Rightarrow$ on s'est affranchi des perturbations, et s est **proportionnelle** à c;

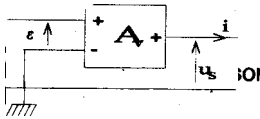
• $s \simeq \frac{1}{B} c \Rightarrow$ il n'est **pas nécessaire que** A et T soient **connus avec** précision:

pour obtenir **s** = s_o, il suffit **d'afficher** c_o = B s_o.

IV. Exemples

1. Amplificateur à A 0

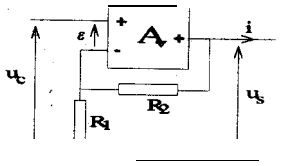
a) Sans contre-réaction



$u_s = A_v\, \varepsilon\, R_o\, i$ avec : A_v ; sortie

Remarque : si $R_o = 100\ \Omega$ et $i = 20$ mA, la perturbation est de 2 v, alors que $u_{s\,max}$ est de 15 V.

b) Avec contre-réaction



$$u_s = A_v\, \varepsilon - R_o\, i$$

$$\varepsilon = u_c - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\, u_s$$

$$\Downarrow$$

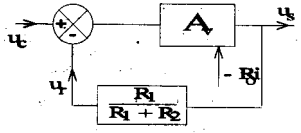
$$u_s = \frac{A_v\, u_c - R_o\, i}{1 + A_v \dfrac{R_1}{R_1 + R_2}}$$

$$A_v\, u_c >> R_o\, i \quad (10^5 . 1 >> 100 . 20 . 10^{-7}$$

$$\Downarrow$$

soit le schéma fonctionnel:

$$u_s = \frac{A_v}{1 + A_v \dfrac{R_1}{R_1 + R_2}}\, u_c$$



$$A_v \frac{R_1}{R_1 + R_2} >> 1 \quad (10^5 . 0{,}1 >> 1)$$

$$\Downarrow$$

$$u_s = \frac{1}{\dfrac{R_1}{R_1 + R_2}}\, u_c = \frac{R_1 + R_2}{R_1}\, u_c$$

$\dfrac{u_s}{u_c}$ ne dépend que de R_1 et R_2 ; la connaissance de A_v n'est plus utile et les perturbations sont gommées.

Si $R_2 = 0$ et R_1 infinie, $u_s = u_c$ (suiveur de tension).

Remarque : ceci n'est pas vraiment un asservissement, puisque A_v (amplification) joue le rôle de transmittance, mais une application de la contre-réaction utilisant le schéma fonctionnel.

2. Chauffage d'un four

On dispose d'un four chauffé par des résistances, alimentées sous une tension sinusoidale de valeur efficace constante (1) ou réglable (2), par exemple par un triac.

Nous supposons le four « préchauffé » et ne nous intéressons qu'aux faibles variations de température.

a) *Marche en « manuel »*

Il faut que l'opérateur surveille la température (donc nécessité de mesure) et adapte le régime de chauffage pour faire face aux perturbations, soit par coupure et rétablissement de l'alimentation (cas 1), soit par réglage de l'angle de retard à l'amorçage du triac.

b) *Régulation « tout ou rien »* adaptée au cas (1) :

— si $\theta < \theta_1$, les résistances sont alimentées,

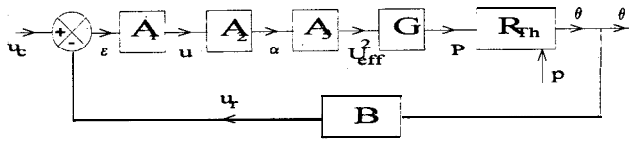
— si $\theta > \theta_2$, l'alimentation est coupée.

(C'est le système classique équipant une installation de chauffage central avec chaudière à production instantanée, par exemple).

Le repérage des températures et la commande du relais du circuit d'alimentation sont assurées par un simple « bilame » si $(\theta_2 - \theta_1)$ de l'ordre de 2 °C convient. On peut remplacer ce bilame par un convertisseur température → tension (diode polarisée : $\dfrac{\Delta U}{\Delta\theta} = -2$ mV/°C ; thermistances CTP ou CTN ; couple thermoélectrique) associé à un comparateur à hystérésis afin de diminuer $(\theta_2 - \theta_1)$.

c) *Asservissement de température*

Le schéma fonctionnel est le suivant, pour les faibles variations:



$$\frac{\theta}{u_c} = \frac{A_1 A_2 A_3 G R_{Th} - T' p}{1 + B A_1 A_2 A_3 G R_{Th}} = \frac{A T - T' p}{1 + B A T} \quad \text{avec} \begin{cases} A_1 A_2 A_3 = A \\ G R_{Th} = T \\ p = \text{perturbations} \end{cases}$$

$\dfrac{\varepsilon}{\ } = \dfrac{1 + B T' p}{1 + A B T}$ est d'autant plus faible, et indépendant de p, que A est gran?

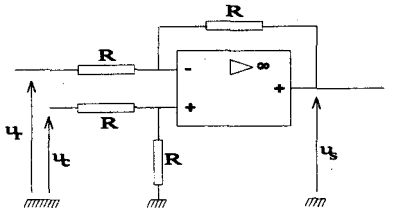
• u_c est la tension de consigne, u_r la tension de retour élaborée par (B) ;

— le capteur de température est un composant parcouru par un courant d'intensité constante I, et la tension aux bornes sera U_{ro} pour la température θ_o désirée: on élabore une tension U_c égale à U_{ro} et la graduation du potentiomètre porte l'indication θ_o ;

— il est nécessaire que u_r varie dans le même sens que θ, le signe de $(u, -u_r)$ imposant le fonctionnement de la chaîne d'action ⇒ on choisira une thermistance CTP ; la précision de l'asservissement est due, entre autres, à

celle de la mesure: il faut que le courant qui parcourt le capteur soit d'intensite constante.

• Le soustracteur élabore la différence $(u_c - u_r)$



$$\left.\begin{aligned} V_{e+} &= \frac{u_c}{2} \\ V_{e-} &= \frac{u_s + u_r}{2} \end{aligned}\right\} V_{e+} = V_{e-}$$

$$\Downarrow$$

$$u_s = u_c - u_r$$

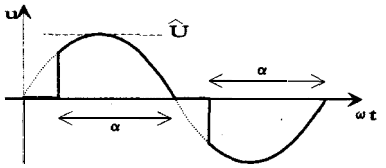
Il importe que les résistances R soient égales. La précision de leur choix induit celle de l'asservissement.

• R_{Th} est la résistance thermique du four et $(\theta - \theta_a) = R_{Th} \cdot P$; pour les variations $\Delta\theta = R_{Th} \cdot \Delta P$.

• $G = \frac{1}{R}$ est la conductance de chauffage et $P = G \cdot U^2_{eff}$.

• U^2_{eff} n'est pas proportionnelle à l'angle d'ouverture a du triac (l'asservissement n'est donc pas linéaire), mais varie avec α selon la loi :

$U^2_{eff} = U^2 \frac{\alpha}{\pi} - U^2 \frac{\sin 2\alpha}{2}$ (U est la valeur efficace de la tension alternative du réseau)



On peut considérer qu'en première approche:

$U^2_{eff} = \frac{U^2}{\pi}\alpha$, et $A_3 = \frac{U^2}{\pi}$ (en 220 V, $A_3 \simeq 15 \cdot 10^3$)

• Les déclencheurs modernes obéissent à la loi : $\alpha = A_2 \cdot u$, u étant leur tension de commande (souvent $\alpha = \pi$ quand u = 5V, d'où

$A_2 = \frac{\pi}{6} \simeq 0{,}6$).

• Un préampli A, permet d'améliorer la précision de l'asservissement, en augmentant « artificiellement » le coefficient A.

SPÉCIALITÉ « PHYSIQUE DE LABORATOIRE ET DE PROCÉDÉS INDUSTRIELS »

Arrêté du 10 juillet 1992

(BO hors série du 24 septembre 1992- Tome III - Brochure 3)

1. PIACE DE LA FORMATION

Le baccalauréat « Physique de laboratoire et de procédés industriels » se situe dans une filière de formations technologiques permettant une sortie dans la vie professionnelle à différents niveaux (technicien - technicien supérieur - ingénieur) ainsi que l'indiquent le tableau et les commentaires ci-dessous.

La formation - pluridisciplinaire - est orientée vers l'étude des techniques de laboratoire comme l'instrumentation et les analyses ainsi que celle des procédés industriels tels le contrôle et la régulation.

2. PROFIL DES ÉLÈVES

Cette orientation s'adresse aussi bien aux jeunes filles qu'aux jeunes gens attirés par le monde des sciences et de la technologie, et séduits par la perspective de l'activité créatrice du technicien et de l'ingénieur.

Elle est destinée aux élèves qui préfèrent aborder et assimiler les concepts de la physique et du contrôle des procédés par une approche expérimentale grâce à une forte composante de travaux pratiques.

3. CURSUS

Ce baccalauréat scientifique, pluridisciplinaire, aborde les domaines essentiels de la physique (mécanique, électricité, thermique, optique, contrôle et régulation, automatismes, chimie).

4. DÉBOUCHÉS

Le caractère pluridisciplinaire de la formation offre un large éventail de possibilités aussi bien en poursuite d'études qu'en débouchés professionnels à différents niveaux.

Deux options sont proposées, l'une plutôt orientée vers le laboratoire: *mesures physiques,* l'autre vers les procédés: *contrôle et régulation.*

(1) Le baccalauréat sciences et technologies de laboratoire physique de laboratoire et de procédés industriels sous ses deux options est ouvert à tous les élèves admis en classe de Première.

Il est toutefois conseillé aux candidats à cette section de suivre en seconde les options:

— informatique et électronique appliquées aux sciences physiques,

— techniques des sciences physiques.