

**«GENIE ELECTRIQUE SERVICE IN-
FORMATION».** Bulletin d'informa-
tion des départements de Génie Elec-
trique des Instituts Universitaires de
Technologie.
Responsable du comité de rédaction :
J. Pardies
Membres du comité : MM. Bernard,
Bliot, Burgat, Decker, Marzat, Savary.
Secrétariat de rédaction : Hélène
Martin. Journal imprimé sur les presses
de l'IUT «B» de Bordeaux.
Comité de rédaction : Département de
Génie Electrique - IUT «A»
33405 - Talence

Sommaire

Les programmes
Maths et Physique
des Journées
Pédagogiques
p. 2 à 17

T.P. Clés en main
Oscillateur modulable
en fréquence et
boucle d'asservissement
de phase
p. 18 à 22

L'école d'été de
Grenoble des IUT G.E.
p. 23 à 24

JOURNEES PEDAGOGIQUES ANNUELLES DE GENIE ELECTRIQUE



**les programmes
de math et de physique**

propositions de la commission "Mathématiques et Physique"

le programme de mathématiques

- Ces programmes concernent globalement les enseignements en première et deuxième année.

- Les horaires prévus actuellement en première et deuxième année doivent être maintenus.

- La Commission déplore la suppression de l'étude de Statistique-Probabilité (dont l'application à la fiabilité qui devrait faire partie de la formation d'un D.U.T. Génie Electrique.

- La Commission juge très souhaitable la participation des enseignants de Mathématiques à l'enseignement de l'Informatique Industrielle en ce qui concerne la Programmation.

L'actualisation du programme de Mathématiques ci-jointe, est proposée par la commission de Mathématiques et Physique, avec les remarques suivantes:

PROGRAMME

1. ANALYSE

1.1. Fonctions d'une variable

Limite. Continuité.

Dérivabilité et différentielle.

Application au calcul d'incertitude.

Etude de quelques fonctions fondamentales:

- fonctions circulaires directes et réciproques,
- fonctions logarithmes et exponentielles (application aux échelles logarithmiques),
- fonctions hyperboliques directes et réciproques.

Formule des accroissements finis et applications.

Formule de Taylor. Développements limités et applications.

1.2. Fonctions de plusieurs variables

Notions de limite, continuité et de représentation.

Dérivée partielle, changement de variables.

Différentielle. Application au calcul d'incertitude.

COMMENTAIRES

On justifiera l'origine des formules du calcul d'erreur mais il conviendra aussi de faire apparaître ses limites.

Il conviendra de faire rapidement acquérir à l'étudiant des "réflexes" concernant les principales fonctions rencontrées: rapidité de variation, notion de constante de temps, comparaison à l'unité...

On montrera comment les échelles logarithmiques permettent la détermination graphique de paramètres: fonctions de la forme $y=kx^a$, $y=e^{ax}$... rencontrées en électricité.

On introduira la notion de fonctions définies discrètement ainsi que la notion de dérivation numérique (utilisation d'ordinateur).

On montrera comment, en associant à une fonction de n variables, des fonctions d'une seule variable, on peut obtenir une représentation dans le plan par réseau de courbes (réseau de caractéristiques).

Introduction des opérateurs de l'analyse vectorielle.

1.3. Etude de courbes planes

Tracé de courbes définies paramétriquement.

Tracé de courbes en coordonnées polaires.

Notion de représentation de fonctions implicites.

1.4. Intégration

Intégrale de Riemann.

Méthodes de calcul (y compris les méthodes numériques).

Extension de la notion d'intégrale: convergence.

Notions sur les intégrales multiples.

Application au calcul des longueurs, des aires, des volumes, de la circulation, du flux...

1.5. Equations différentielles

Définition d'une équation d'ordre n.

Equations du premier ordre.

Equations différentielles linéaires du deuxième ordre.

Notions sur les systèmes différentiels.

Notions sommaires sur les équations aux dérivées partielles.

On entraînera à l'utilisation des coordonnées polaires, cylindriques et sphériques.

Pour les opérateurs d'analyse vectorielle, on se limitera à un repère cartésien et on entraînera les étudiants à la manipulation de ces opérateurs sur les champs classiques rencontrés en électricité.

Pour les courbes définies paramétriquement, application au lieu de NYQUIST (lieu de $z(\omega)$ dans le plan complexe lorsque $\omega \in]0, +\infty[$ liaison possible avec la représentation module/argument, § 2.2.)

Insister (coordonnées polaires) sur droites et coniques.

On attirera l'attention des étudiants sur la possibilité d'obtenir une représentation graphique par ordinateur.

Parmi les fonctions intégrables, on présentera les fonctions continues par morceaux.

Il sera utile d'initier l'étudiant à l'utilisation de tables d'intégrales pour les fonctions usuelles (fonction erf...)

On insistera sur l'intégration des fractions rationnelles.

Les méthodes numériques d'intégration pourront être illustrées sur ordinateur.

Pour la convergence des intégrales, on utilisera entre autres la comparaison avec les intégrales

$$\int_0^a \frac{dx}{x^a} \quad \text{et} \quad \int_a^{+\infty} \frac{dx}{x} \quad (a > 0)$$

On n'étudiera que la résolution des équations du premier ordre à variables séparables, linéaires et celle des équations du second ordre linéaires à coefficients constants.

Dans le cas particulier des équations linéaires d'un circuit électrique on mettra en évidence le régime transitoire et le régime permanent.

On signalera, parallèlement aux méthodes classiques, la résolution d'une équation différentielle linéaire par la transformation de Laplace.

On traitera des exemples simples de systèmes différentiels linéaires à coefficients constants et des équations aux dérivées partielles. Des exemples pourront être trouvés dans les cours d'électricité et de physique (équation d'un réseau à deux mailles, équation de propagation...).

1.6. Séries, Transformations

Suites numériques.

Séries numériques.

Séries entières. Transformées en Z : applications aux équations récurrentes.

Séries de Fourier.

Décomposition spectrale.

Transformation de Laplace et applications aux équations différentielles.

Notions sur la Transformation de Fourier.

On pourra introduire, en liaison avec l'enseignement d'informatique industrielle, des méthodes de résolution numérique (Runge-Kutta).

On s'attachera à mettre en évidence la notion de rapidité de convergence en utilisant des exemples et les moyens de calcul numérique actuels.

On pourra présenter dans la même optique des critères de comparaison pour les séries à termes positifs; on comparera, en particulier, aux séries de Riemann.

On donnera les théorèmes de dérivation et d'intégration des séries ainsi que la table des développements en séries entières des fonctions classiques. La transformation en Z ne sera introduite qu'en vue de l'application à la résolution d'équations aux différences finies.

Les applications des séries de Fourier seront consacrées à la décomposition spectrale des signaux et à l'incidence du nombre d'harmoniques utilisés suivant le type de décroissance de leur amplitude (utilisation possible d'un ordinateur).

Pour la transformation de Laplace, on donnera les théorèmes de la valeur finale et initiale. On introduira la notion de fonction de transfert d'un système physique.

La notion d'ensemble n'est pas à traiter mais pourra faire l'objet d'exercices en travaux dirigés.

Les méthodes de démonstrations usuelles (récurrence, par contre-exemple, par l'absurde,...) seront utilisées tout au long de l'année.

Insister sur les fonctions définies ponctuellement ou "par morceaux".

Les principales structures (groupe, anneau, corps, espace vectoriel) seront citées tout au long du cours.

L'étude du dénombrement se limitera aux arrangements, permutations et combinaisons (sans répétitions) pour aboutir à la formule du binôme de Newton.

On pourra motiver l'introduction des nombres complexes par la recherche de solutions à l'équation $x^2 + 1 = 0$ et montrer l'intérêt qu'ils présentent dans la manipulation de couples d'information.

2. ALGÈBRE

2.1. Algèbre générale

Méthodes de démonstrations usuelles.

Applications: propriétés.

Définitions des principales structures algébriques.

Dénombrement.

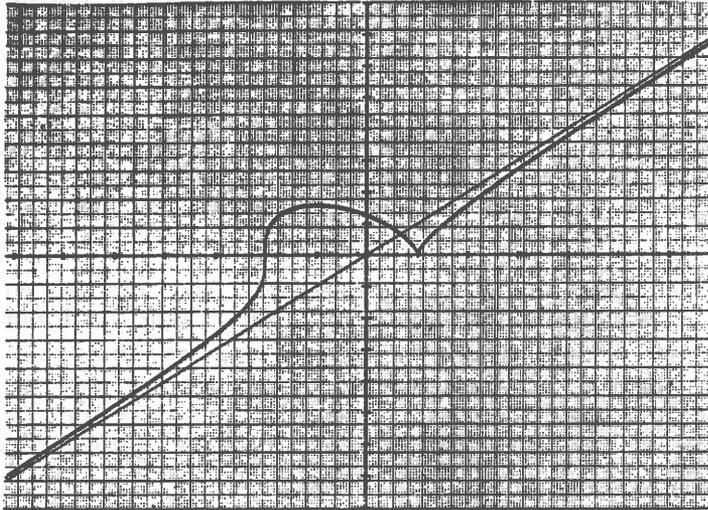
2.2. Nombres complexes.

Définition, plan complexe.

Écriture exponentielle.

Applications (électricité, transformations géométriques,...)

Représentation d'une fonction complexe de variable réelle (diagramme d'impédance, module/argument, Bode,...)



2.3. Polynômes et fractions rationnelles

Division euclidienne et division suivant les puissances croissantes des polynômes.

Théorème d'Alembert-Gauss et factorisation des polynômes.

Décomposition des fractions rationnelles en éléments simples.

2.4. Espace vectoriel

Sous espace vectoriel, partie génératrice.

Indépendance linéaire, base.

Application linéaire.

Produits scalaires, vectoriel, mixte.

2.5. Calcul matriciel

Représentation d'une application linéaire.

Opérations sur les matrices.

Notion de déterminant.

L'écriture exponentielle sera introduite au plus tôt et utilisée systématiquement dans toute forme module-argument (De Moivre, Euler,...).

Pour les transformations géométriques on insistera particulièrement sur l'inversion. Les diagrammes d'impédance et d'admittance sont les graphes de $Z(\omega)$ et $\frac{1}{Z(\omega)}$ où $Z(\omega)$ désigne l'impédance en fonction de la pulsation.

La représentation module/argument appelée gain/phase est d'une part le tracé de $20 \log |z(\omega)|$ en fonction de $\log \omega$ (pour le gain) et d'autre part le tracé de $\text{Arg}(z(\omega))$ en fonction de $\log \omega$ (pour la phase). Cela suppose donc une initiation aux échelles logarithmiques.

La représentation de Bode (ou diagrammes asymptotiques) sera naturellement mis en évidence.

L'étudiant devra avoir maîtrisé les pratiques (1) des divisions de polynômes suivant les puissances croissantes ou décroissantes (2) des décompositions d'une fraction rationnelle en éléments simples sur $\mathbb{C}(x)$ et $\mathbb{R}(x)$.

On coordonnera naturellement ce cours à celui des développements limités de l'intégration, du calcul opérationnel, ceux-ci étant les principaux domaines d'application.

On pourra illustrer le calcul approché des zéros d'un polynôme par l'utilisation d'un ordinateur.

Même si on se limite bien souvent à la dimension trois, il serait bon que les énoncés soient valables dans un espace de dimension n . On introduira des figures, soit pour illustrer un théorème, soit pour guider une démarche déductive.

On utilisera toute occasion de faire des exercices utilisant l'espace affine (Equation de droite, plan, cercle,...)

On pourra introduire la notion de noyau et de rang d'une application linéaire.

On insistera sur la résolution des systèmes linéaires à n équations et p inconnues avec $n=1, 2$ ou 3 $p=2$ ou 3 .

Résolution de systèmes linéaires.
Notions sur les changements de base.
Notions de diagonalisation.

On pourra insister sur l'interprétation vectorielle d'un système linéaire.

L'utilisation du calcul matriciel dans les quadripôles sera éventuellement signalée.

Les méthodes numériques de résolution de systèmes linéaires, de calcul de déterminant et d'approximation de valeurs propres pourront être mises en valeur sur ordinateur.

MATHÉMATIQUES

(1ère et 2ème Année)

Les étudiants possèdent lors de l'entrée à l'I.U.T. les connaissances de mathématiques du baccalauréat. Cette base ne permet pas de traiter l'ensemble de l'enseignement technologique.

L'enseignement des mathématiques devra :

- fournir les éléments nécessaires aux enseignements des technologues.
- Donner aux futurs diplômés la culture scientifique

leur permettant une actualisation ultérieure.

Les applications serviront de liaisons avec l'enseignement de la spécialité Génie Electrique.

Dès le début, l'attention des étudiants sera attirée sur le fait que l'on dispose aujourd'hui de puissants moyens de calcul et qu'un technicien doit savoir y recourir dès que le besoin s'en fait sentir.

les résultats de l'enquête "enseignement de physique"

diffusée en novembre 82 auprès des départements G.E.

28 REPONSES SUR 33 DEPARTEMENTS

Tous les départements qui ont répondu à l'enquête traitent des éléments du programme de physique :

- 25 départements essentiellement sous forme d'un enseignement de physique en 1ère année et en 2ème année.
- 2 départements essentiellement sous forme d'un enseignement de physique dispensé seulement en 2ème année.
- 1 département, en 1ère et 2ème année mais sans enseignement dispensé sous le vocable "physique".

. Volumes horaires consacrés aux thèmes du programme.

1ère année

Sur 23 départements qui ont un enseignement de physique en 1ère année et qui fournissent des volumes horaires exploitables :

- 21 ont un cours allant de 10H à 40H.

Moyenne 29,33H.- (programme CPN : 32H).

- 23 ont des TD allant de 8H à 48H.

Moyenne 31,04H.- (programme CPN : 32H).

Aucun département ne fait de cours dans T.D.

2ème année

Sur 23 départements qui ont un enseignement de physique en 2ème année et qui fournissent des volumes horaires exploitables :

- 20 ont un cours allant de 14H à 56H.

Moyenne 32,45H.- (programme CPN : 28H).

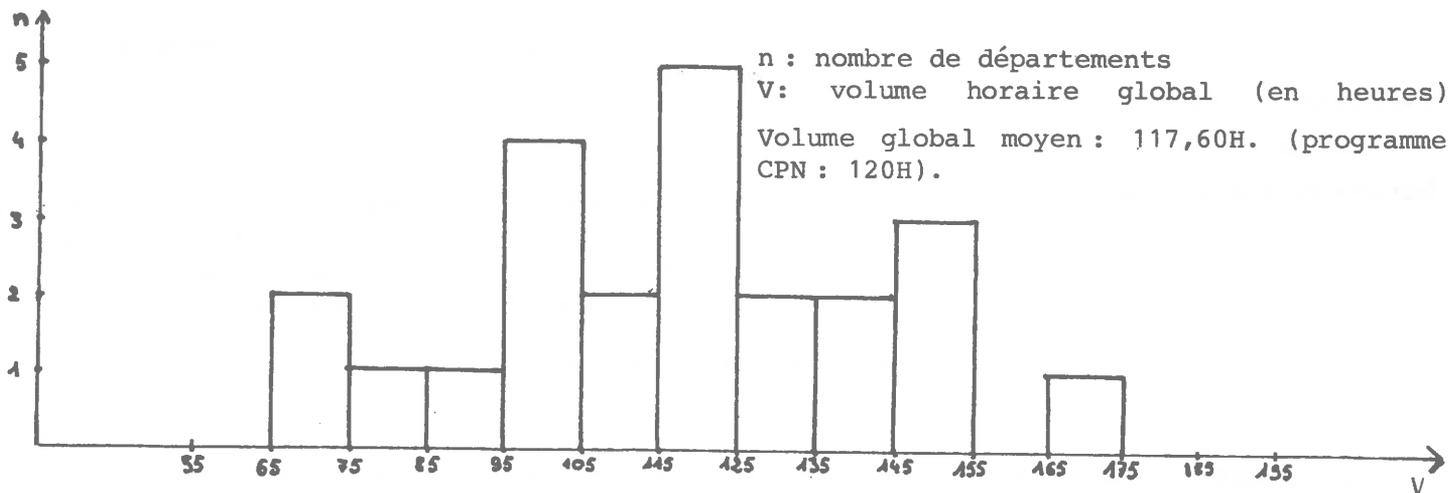
- 23 ont des TD allant de 7H à 56H.

Moyenne 34,60H.- (programme CPN : 28H).

Dans un département l'enseignement est dispensé uniquement sous forme de cours.

Volume global 1ère et 2ème année (cours + TD)

23 départements ont fourni des réponses exploitables. Celles-ci sont condensées dans l'histogramme ci-dessous :



. CONTENU DE L'ENSEIGNEMENT
(28 réponses exploitées)

Thèmes de programme CPN	Nombre de départements où ce thème n'est pas traité	
1	Introduction	7
2	Actions mécaniques	13
3	Statique	14
4	Cinématique	7
5	Dynamique	4
6	Systèmes oscillatoires	2
7	Physique des capteurs	2
8	Thermique	8
9.1.	Thermodynamique	12
9.2.	R.D.M.	17
9.3.	Mécanique des fluides	16
9.4.	Physique du solide	4
9.5.	Physique nucléaire	17
9.6.	Ondes	5
9.7.	Opto-électronique	5
10	Statistique-Probabilités	4

Liste de thèmes que certains départements souhaiteraient voir figurer au programme (ou y être plus longuement développés) :

- Dynamique : volant d'inertie,
- Liaisons mécaniques - degrés de liberté (robotique),
- Acoustique,
- Optique (géométrique et physique),
- Electromagnétisme,
- Physique atomique et moléculaire,
- Physique des matériaux - Physique du solide,
- Physique des basses températures.

. TRAVAUX PRATIQUES

Les réponses obtenues ne peuvent guère être exploitées statistiquement. On notera simplement que dans 6 départements existe ce que l'on peut considérer comme

un cycle complet de TP de Physique (plus de 5 manipulations couvrant plusieurs thèmes du programme).

. PREMIERES CONCLUSIONS

- Il n'existe pas de programme minimum commun à tous les départements. Cependant, les tendances semblent convergentes tant au point de vue du contenu que du volume horaire :

. Les thèmes 1, 4, 5, 6, 7, 9.4., 9.6., 9.7., 10 du programme semblent considérés comme nécessaires à la formation d'un DUT GE.

. Le volume horaire global du programme CPN actuel assemble respecté en moyenne, même si la répartition des heures est souvent très différente.

- On notera que le thème 10, supprimé du programme depuis deux ans, est encore traité (du moins partiellement) dans 24 départements!

- Dans les faits, une grande partie des enseignements de Physique n'appartient plus au tronc commun de 2ème année, mais fait partie de l'Option. Dans certains départements, les enseignements de Physique de 2ème année ne sont pas communs aux deux Options. Dans tous les cas l'influence des Options se fait sentir sur les choix des thèmes traités : les enseignements de mécanique sont plus facilement abandonnés dans le département ne possédant que l'Option Electronique, les enseignements de RDM n'existent que dans des Départements "Electrotechnique"... Mais il ne s'agit là que de tendances, la corrélation n'étant jamais totale.

La Commission

les membres de la commission

“Programme de base Mathématiques et Physique”

Mme BIGNARD^o

I.U.T. DE MARSEILLE
Rue des Géraniums
13337 MARSEILLE CEDEX 3
(91) 98 20 19

Mme LUTAUD^o

I.U.T. D'EVRY
22, allées Jean Rostand
91011 EVRY CEDEX
(1) 078 03 63

Mme MOUSSA^o

I.U.T. DE CACHAN
9, avenue de la Division Leclerc
94230 CACHAN
(1) 664 10 32

Mme VERBEEK^o

I.U.T. DE CRETEIL
Avenue du Général de Gaulle
94010 CRETEIL CEDEX
(1) 898 91 44

M. ATECHIAN*^o

I.U.T. DE TOULOUSE
115, route de Narbonne
31062 TOULOUSE CEDEX
(61) 25 21 17

M. BEAUREGARD*^o

I.U.T. DE LONGWY
Route de Romain
54400 LONGWY
(8) 223 38 82

M. BORIES^o

I.U.T. DE NICE
41, boulevard Napoléon III
06401 NICE CEDEX
(93) 83 71 16

M. COHEN SOLAL^o

I.U.T. DE CACHAN
9, avenue de la Division Leclerc
94230 CACHAN
(1) 664 10 32

M. GROSWALD*^o

I.U.T. DE RENNES
Rue du Clos Courtel
35000 RENNES
(99) 36 26 51

M. HUGON^o

I.U.T. DE MONTLUCON
Avenue Aristide Briand
B.P. 408
03107 MONTLUCON CEDEX
(70) 29 36 55

M. LANGLET*

I.U.T. DE NANTES
3, rue du Maréchal Joffre
44041 NANTES CEDEX
(40) 74 63 71

M. LE CHEVALIER*

M. GAZINGEL*

I.U.T. D'ANGERS
Belle Beille
Boulevard Lavoisier n° 4
49045 ANGERS CEDEX
(41) 48 46 12

M. MICHOUlier*^o

I.U.T. DE GRENOBLE I
Domaine Universitaire
B.P. 67
38402 ST MARTIN D'HERES CEDEX
(76) 42 36 54

M. PIEJUS*

I.U.T. DE VILLE D'AVRAY
1, chemin Desvallières
92410 VILLE D'AVRAY
(1) 709 05 70

M. ROBERT*^o

I.U.T. DE TROYES
Rue de Québec
B.P. 396
10026 TROYES CEDEX
(25) 82 06 67

M. PROVANSAL*

I.U.T. DE MARSEILLE
Rue des Géraniums
13337 MARSEILLE CEDEX 3
(91) 98 20 19

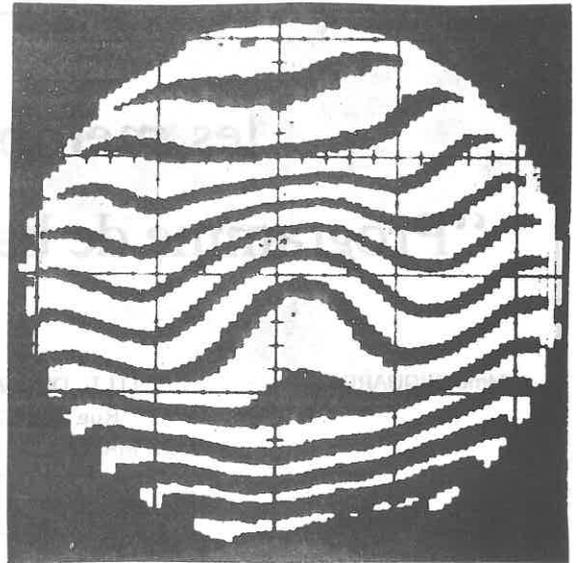
M. BREANDON*

I.U.T. DE TOULON
Château St Michel
RN 98
83130 LA GARDE
(94) 75 90 50

^o: membres concernés par la Commission Mathématiques

*: membres concernés par la Commission Physique

le programme de physique



La présente proposition de programme couvre les enseignements de première et de seconde année. La répartition en est laissée à l'initiative des équipes pédagogiques de chaque département. Ce programme est conçu dans l'optique d'un volume horaire global semblable à celui prévu actuellement, soit environ 120 H d'enseignement (cours et TD).

COMMENTAIRE PEDAGOGIQUE SUR L'ENSEMBLE DU PROGRAMME

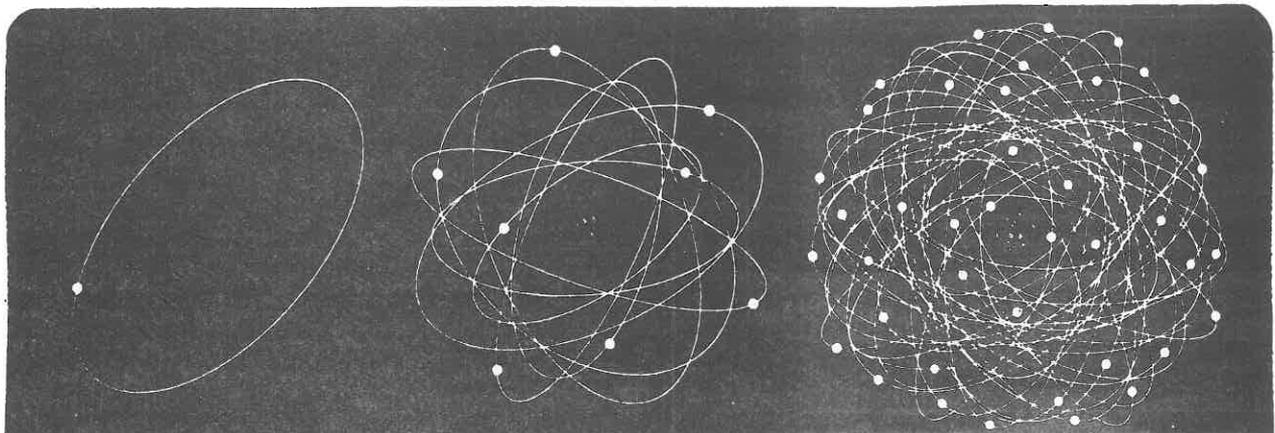
Le programme est commun aux différentes options des départements Génie Electrique. Les différents chapitres de ce programme pourront être traités et développés en fonction des options propres à chaque département.

Le but de l'enseignement de physique sera principalement axé sur:

- L'acquisition des méthodes de travail, en particulier l'entraînement au raisonnement, le cours de mécanique étant particulièrement propice à une telle formation.
- L'acquisition d'une culture scientifique;

pour cela, il sera nécessaire d'utiliser le maximum d'exemples concrets et diversifiés. Il sera en particulier judicieux d'introduire les capteurs lors de l'étude des phénomènes physiques auxquels ils se rapportent.

Certaines parties du programme devront être traitées en accord avec d'autres disciplines: tels des rappels de calcul vectoriel avant la mécanique; la propagation constituera une introduction à l'étude particulière des lignes en régime sinusoïdal en électronique, etc...



1. Mécanique Physique et Energie**1.1. Bases de la mécanique****1.1.1. Connaissances fondamentales**

- Résultante - Moment résultant
- Centre des forces parallèles, Barycentre
- Liaisons avec et sans frottement
- Conditions d'équilibre du point et du solide.

1.1.2. Cinématique

- Vecteur vitesse; vecteur accélération; composantes normale et tangentielle.
- Définitions: translation et rotation d'un solide; vecteur rotation.
- Notions sur les changements de système de référence et sur la composition des vitesses et accélérations.

1.1.3. Dynamique du point et du solide

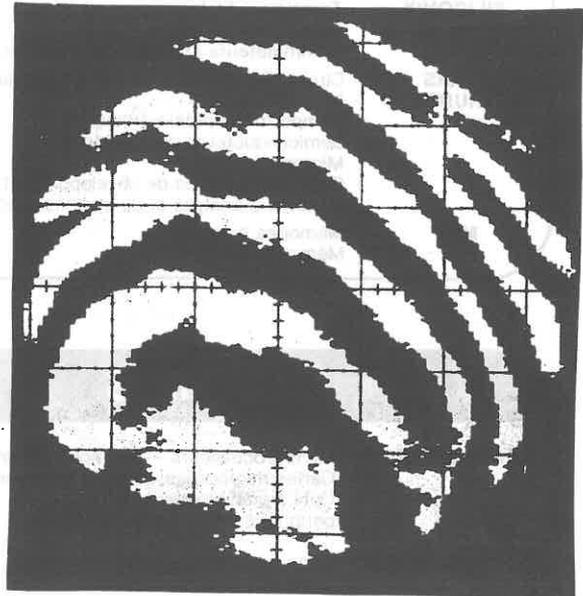
- Principe fondamental
- Vecteurs quantité de mouvement et moment

cinétique

- Théorème du moment cinétique
- Travail-énergie potentielle (cas simples)
- Conservation de la quantité de mouvement et du moment cinétique
- Moments d'inertie.

1.2. L'énergie**1.2.1. Les différentes formes d'énergie et leurs caractéristiques.****1.2.2. Les conversions d'énergie**

- Conversions: exemples (électromécanique, électroacoustique)
- Dégradation de l'énergie - Bilans énergétiques.

1.3. Systèmes oscillatoires**1.3.1. Systèmes à un degré de liberté: oscillations libres et forcées - résonance.****1.3.2. Analogies électro-mécaniques-notion d'impédance mécanique-généralisation.****1.3.3. Etude d'un système (Haut parleur, galvanomètre, capteur, isolement vibratoire...)-analyse énergétique.**

Dans ce chapitre, on fera essentiellement la synthèse d'éléments déjà connus. On insistera sur les notions de pertes et d'échauffements à partir d'exemples aussi bien électriques qu'autres.

Parmi les caractéristiques des diverses formes d'énergie, on abordera les possibilités de stockage et de transport,

Cet enseignement sera l'occasion de liaisons fructueuses avec l'enseignement d'électricité dispensé parallèlement. Il convient de montrer au futur technicien supérieur qu'il n'est pas possible de cloisonner l'étude d'un phénomène réel à une seule discipline. Les exemples étudiés seront choisis selon les options et

**SEMI-CONDUCTEURS**

THOMSON DSD	Diodes (signal — redressement — zener). Ponts moulés. Transistors (signal — puissance — FET — UJT).
THOMSON DCI	Circuits intégrés (professionnel — grand public).
EUROTECHNIQUE	Mémoires MOS microprocesseurs.
SILICONIX	Transistors FET. Transistors V/MOS. Commutateurs analogiques — circuits interface.
TEXAS	Circuits intégrés logiques et analogiques.
INSTRUMENTS	Mémoires MOS. Composants optoélectroniques. Semiconducteurs de puissance. Microprocesseurs. Cartes et systèmes de développement. Système d'analyse et de synthèse vocale.
MMI	Mémoires bipolaires. Mémoires PAL.

SYSTEMES

THOMSON EFCIS	Microprocesseurs — mémoires — interfaces. Cartes microprocesseurs et interfaces. Outil de développement. périphériques — terminaux.
MICROPROCESS	Carte microprocesseur. Systèmes de développement. Périphériques. Logiciel de développement.

MICRO ET PERI INFORMATIQUE

DIGITAL	Processeurs LSI 11/2 — 11/23 — Falcon — mémoires interfaces. Périphériques de stockage — écrans graphiques. Consoles clavier — écran, imprimantes. Micro ordinateur PDP 11-03, PD 11-23. Logiciel basic, Fortran. Micro ordinateur individuel Robin.
IBM	Terminal ASCII 3101. Clavier AZERTY.
DATA PRODUCT	Imprimante Marguerite Matricielle. Imprimante à aiguilles. Imprimante lignes à bande.
3M	Supports magnétiques : disquettes, cartouches.

PASSIFS

SOVCOR	Résistances à couche métallique. Condensateurs à diélectrique verre. Condensateurs céramiques multicouches. Condensateurs au tantale.
SIC SAFCO	Condensateurs électrolytiques. Condensateurs à film plastique. Condensateurs au papier. Condensateurs au polypropylène.
MCB	Résistances bobinées, fixes et ajustables. Résistances haute précision. Potentiomètres de carte ; trimmers. Potentiomètres industriels et de précision. Régulateurs de tension alternative. Rhéostats. Codeurs optiques. Capteurs.
ALLEN BRADLEY	Résistances agglomérées. Potentiomètres, trimmers. Réseaux résistifs.
KEMET	Condensateurs céramiques multicouches. Condensateurs au tantale.
ATOMS	Alternostats. Boutons compte-tours.

MESURE

FONTAINE	Alimentation modulaire de carte. Bloc d'alimentation en tension fixe. Alimentation stabilisée de laboratoire.
HAMEG	Oscilloscope simple et double trace.
KEITHLEY	Multimètres numériques.
METRIX	Multimètre analogique. Multimètres digitaux. Oscilloscopes — Générateurs.
B & K	Générateurs de fonction. Générateurs BF.
GRADCO	Fréquencemètre. Pince test — plaquette étude.

RENNES

Rue Manoir-de-Servigné
Zone Industrielle - Route de Lorient
B.P. 3209 -35013 RENNES CEDEX
Tél. (99) 54/01/53 - Téléx WESCOMP 740311 F

POITIERS

183, route de Paris
86000 Poitiers
Tél. (49) 88.60.50 - Téléx 791525 F

PARIS

15, allées des Platanes
Sofilic 429
94263 Fresnes Cedex
Tél. 16/1/666.92.46 - Téléx 201621 F

CONNECTIQUE

- SOURIAU** Connecteurs rectangulaires série «D» (HE 501 et 8140).
Connecteurs ronds 840.
Connecteurs C.I. (HE 401, 701, 704, 801, 901, 902).
Connecteurs DIN.
Connecteurs auto-sertissables sur câble en nappe (HE 10).
- RADIALL** Connecteurs et adaptateurs coaxiaux.
Fiches et douilles bananes professionnelles.
Cordons surmoulés.
- ANSLEY** Connecteurs auto-sertissables sur câble en nappe.
Câbles en nappe — outillages.
Jumpers.

FILS ET CABLES

- FILOTEX** Fils souples et rigides — Fils wrapping.
Câbles blindés et microphoniques.
Câbles coaxiaux.
Câbles en nappe.
Fils et câbles spéciaux.
Gaines cuivre et rilsan.
- C.F.I.** Gaines thermo-rétractables.
- TINEA** Soudure.

ELECTROMECHANIQUE

- SIEMELEC** Lampes, voyants, claviers lumineux.
Relais européens, miniatures et industriels.
- CLARE** Relais reed.
Touches et claviers.
- JAHNICHEN** Accessoires de laboratoire.
Connexions, sécurités et signalisation.
- F.M.** Roues codeuses.
Compteurs d'impulsions.
- A.P.R.** Interrupteurs, inverseurs et poussoirs industriels et professionnels.
- M.F.O.M.** Composants et pièces métalliques.
- CEHESS** Fusibles et porte-fusibles.
- ANTELEC** Supports de circuits intégrés.
Barrettes de raccordement.

MECANIQUE ELECTRONIQUE

- TRANSRACK (AQUITAINE)** Mécanique électronique au standard 19"
Baies, consoles, coffrets, pupitres, bureaux, chassis.
Standard EUROPE, CAMAC, NIM, EURONORME (DIN).
- ELMA (BRETAGNE)** Coffrets, baies, racks au standard 19"
Commutateurs rotatifs.
Boutons combinables.
- SEEM** Dissipateurs pour semi-conducteurs.
Bus-barres et accessoires.
Relais reed et relais mercure.
- PAPST** Ventilateurs et accessoires.

SOURCES

- CECLA** Transformateurs industriels et professionnels.
Transformateurs extra-plats.
Selfs et bobinages spéciaux.
- METALIMPHY** Transformateurs d'alimentation toriques.
Circuits magnétiques.
- SAFT** Batteries cadmium-nickel.
Batteries au plomb étanches.
Chargeurs A.N.S.

CIRCUITS IMPRIMES

- CITEL** Plaques présensibilisées positives et négatives.
Aluminium présensibilisé.
Films positifs et négatifs.
Appareils d'insolation — Machines à graver.
Bancs électrolytiques — Etameuse rouleau.
Equipements de laboratoire et industriels.
- ALFAC** Produits de dessin pour circuits imprimés.
Grilles de précision.
Chiffres, lettres et symboles transferts.
- ELECTRONET** Aérosols de protection et de nettoyage.

OUTILLAGE

- WELLER GROUPE COOPER** Fers à souder thermostatés.
Pannes et accessoires de cablage.
Stations de dessoudage.
Outillage XCELITE.
- EREM** Pincés plates, coupantes, brucelles, ciseaux etc.
Etau orientable — tables de cablage.
Loupes — tables lumineuses.
Forêts carbure — accessoires de cablage.
- GARDNER DENVER** Outillage pour wrapping.

2. Propagation

2.1. Propagation dans un milieu illimité

- Equation de propagation-généralité de cette équation (exemples divers).
- Solution de l'équation sans pertes-signification physique.
- Cas des ondes sinusoïdales-Ondes planes. Notion de vecteur d'onde.

- Exemple d'équation avec introduction de pertes.

2.2. Propagation dans les milieux limités

- Généralisation de la notion d'impédance
- Réflexion et transmission à la surface de deux milieux.
- Ondes stationnaires
- Introduction à la propagation guidée.

2.3. Propagation dans un milieu dispersif

- Notion de groupes d'ondes. Spectre de fréquence. Notion de milieu dispersif.
- Propagation de l'énergie.
- Signification physique des vitesses de phase et de groupe dans quelques cas simples: guide d'onde

2.4. Effet Doppler

2.5. Interfréquences. Diffraction

3. Physique des composants et des capteurs.

3.1. Physique des semi-conducteurs

3.1.1. La structure des solides

- Le réseau cristallin
- Niveaux et bandes d'énergie
- Isolants, métaux, semi-conducteurs.

3.1.2. La conduction métallique

3.1.3. Les semis conducteurs intrinsèques Si, Ge, Ga, As.

- Les porteurs: électrons, trous.

les adaptations locales. L'étude d'un système particulier pourra être l'occasion d'une illustration simple des considérations développées au paragraphe précédent. (Transformation et conservation de l'énergie: énergie électrique, énergie mécanique, énergie thermique...)

Les systèmes à deux degrés de liberté et le couplage pourront être étudiés dans le cadre du programme complémentaire, selon les options, en liaison avec l'étude du couplage en électricité.

Il est souhaitable d'illustrer les différents paragraphes par des applications.

On pourra profiter de la notion de spectre de fréquence pour préciser les conditions d'emploi des oscilloscopes, ou du choix des câbles. On pourra également introduire les fibres optiques par analogie avec les guides d'ondes.

Il est également souhaitable d'indiquer les limites des sujets traités, par exemple: on pourra comparer un milieu à constantes non réparties (ligne formée d'éléments discrets) à un câble coaxial.

Les semi-conducteurs constituent les matériaux de base d'un grand nombre de composants électroniques, des capteurs et dans le cas du silicium, le support à toute l'électronique intégrée dont les filières technologiques sont diversifiées. Le concepteur doit connaître les propriétés physiques des semi-conducteurs pour mieux assumer un choix technologique et bien assimiler les principes de fonctionnement d'un composant, d'un capteur ou des motifs élémentaires d'un circuit intégré.

3.1.4. Les semis-conducteurs extrinsèques

- Les semis-conducteurs n, p, le dopage
- Densité de porteurs à l'équilibre thermique, niveau de Fermi.

3.1.5. Mécanisme de transport des électrons et des trous

- Action d'un champ électrique: la mobilité
- Conductivité électrique
- La Diffusion, relation mobilité-constante de diffusion
- Action d'un champ magnétique. Effet Hall.

3.1.6. Semi-Conducteurs hors de l'équilibre thermique

- Vitesse de recombinaison, durée de vie des porteurs
- Equation de diffusion
- L'effet photo conducteur

3.1.7. La jonction p-n

- Modèle
- Jonction à l'équilibre, potentiel de diffusion
- Jonction polarisée: caractéristiques
- Diode Métal-semi-conducteur, diode, Schottky
- Photo-diode.

3.2. Physique des capteurs

3.2.1. Définitions

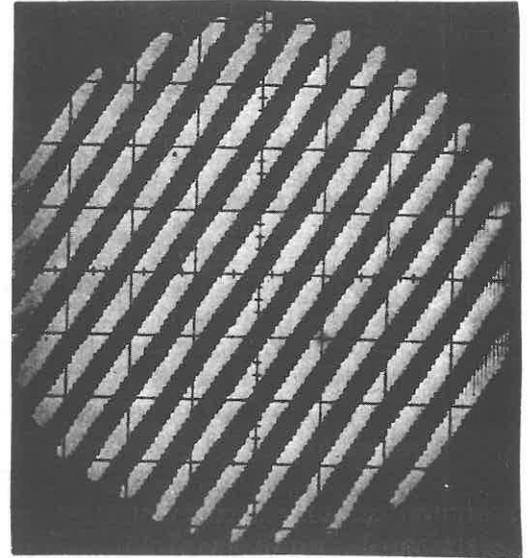
Chaîne de mesure, grandeur d'entrée, grandeur de sortie, schéma équivalent électrique, qualités statiques et dynamiques.

3.2.2. Etudes des principaux phénomènes physiques mis en jeu.

3.3. Opto électronique et applications

3.3.1. Photométrie

- Grandeurs caractéristiques: éclairement, intensité, émittance, luminance, flux, Loi de Lambert, étendue géométrique.



L'étude des capteurs sera l'occasion de liaisons avec l'enseignement d'automatique, en particulier pour tout ce qui concerne la modélisation, la réponse transitoire... Il conviendra de ne pas dispenser cet enseignement sous forme de catalogue, le volume horaire, nécessairement limité qui lui est attribué, devant servir, avant tout, à la compréhension de la "chaîne physique" menant de la grandeur mesurée au paramètre électrique enregistré. Le catalogue, cependant nécessaire, pourra être diffusé sous forme de documents.

L'étude du second paragraphe pourra être avantageusement répartie dans l'ensemble du cours de physique lors de l'étude des phénomènes correspondants (capteurs optiques et photométrie...) On n'omettra pas le traitement des capteurs de température.

Il pourra être utile de procéder à des rappels sur les systèmes d'unités à cette occasion.

On précisera les caractéristiques du domaine optique (nombre d'informations transmises, quantification de l'énergie, bruit).

- Lois du rayonnement thermique: Kirschoff, Planck-Einstein, Wien, Stéfan.
- Physiologie: correspondance entre grandeurs lumineuses et énergétiques. Colométrie. Application à la télévision.

3.3.2. Conversion d'énergie optique en énergie électrique

- Effets photoémissif-Cellules à vide, à gaz-photomultiplicateur
- Effet photoconducteur-Photodiodes-photo-transistor-photorésistances
- Effet photovoltaïque-cellules solaires.

3.3.3. Conversion d'énergie électrique en énergie optique

- Emissions spontanée, stimulée, absorption
- Applications de l'effet laser - Lasers solides, liquides - diode laser - comparaison avec les autres sources.
- Applications: diode électroluminescente - cristaux liquides - modulateurs.

3.4. Fiabilité et qualification

3.4.1. Statistique descriptive

- Séries statistiques à une et à deux dimensions. Fréquence, fréquence cumulée.
- Paramètres caractéristiques d'une distribution.
- Régression d'une loi linéaire: corrélation.

3.4.2. Notions de probabilité

- Variables aléatoires discrètes et continues.
- Lois binomiales, de poisson et normales (Laplace-Gauss).
- Ajustage expérimental des paramètres de la loi de Laplace-Gauss: droite de Henri.

3.4.3. Notions de fiabilité

- Introduction au vocabulaire de la fiabilité:
 - . Temps de bon fonctionnement
 - . Taux de défaillance
 - . Moyenne des temps de bon fonctionnement (M T B F)
- Evolution des composants électroniques en fonction du temps: courbe en baignoire.

On indiquera les limites de son extension à l'IR ou à l'ultraviolet et on le comparera au domaine des microwaves. L'ordre de l'exposé n'est pas imposé: on pourra structurer celui-ci entre effets de volume et de surface, utilisation dynamique ou non, émetteurs et récepteurs, etc... De nombreuses applications pourront être développées en TD ou étudiées en TP. Toutefois, au delà de la diversité des applications, il est nécessaire que de futurs techniciens supérieurs aient les idées claires sur les grandeurs photométriques, les notions de seuil photoélectrique, rendement quantique, les effets continus ou discontinus. L'étude du laser pourra être traitée en liaison avec le cours d'électronique (condition d'oscillation, facteur de qualité, cavité) ou comme application du FABRY-PEROT en interférences. L'étude des récepteurs sera l'occasion d'une incursion dans le domaine photographique. On rappellera les unités et pour chaque grandeur ou chaque effet on indiquera les ordres de grandeurs.

On pourra éventuellement introduire la notion de redondance (active et en attente).

On s'intéressera tant aux caractères discrets qu'aux continus.

On se limitera à l'introduction des paramètres moyenne, mode, médiane et écart type.

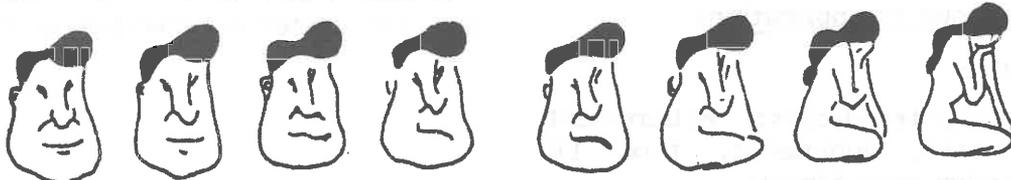
Pour les séries statistiques doubles: on introduira naturellement la corrélation linéaire.

On pourra introduire la notion de probabilité soit comme valeur limite des fréquences observées (loi des grands nombres), soit plus axiomatiquement, à partir d'espaces probabilisables sans s'y trop étendre.

On insistera sur les approximations des différentes lois suivant les valeurs des différents paramètres.

Le but de cet enseignement est de développer les notions importantes utilisées dans la qualification d'un composant.

On notera que le taux de défaillance instantané est l'opposé de la dérivée logarithmique de la fiabilité $R(t)$.



EFFET D'HYSTERESIS EN PERCEPTION VISUELLE

Suivez le dessin de gauche à droite, puis en sens inverse. Remarquez que la perception change à des points différents dépendant de la direction.

PROGRAMME OPTIONNEL

1. Développement de certains thèmes du programme de base

2. Autres thèmes:

2.1. Mécanique des fluides

- Statique des fluides: principe de Pascal; application aux vérins.
- Dynamique des fluides: théorème de Bernouilli.
- Fluides réels; nombre de Reynolds; pertes de charges.
- Application à la mesure des pressions, des débits...

2.2. Résistance des matériaux

- Essais de traction et cisaillements purs; caractéristiques des matériaux.
- Torsion simple des arbres: diagramme du moment de torsion; contraintes et déformations.
- Flexion simple des poutres droites chargées: diagramme des efforts tranchants et des moments fléchissants; contrainte longitudinales et transversales, équation de la déformée; flèche.

2.3. Thermique

- Rappels de thermométrie
- Rappels de calorimétrie
- Généralités sur la transmission de la chaleur, les modes de transfert de la chaleur.

Conduction (notions de résistance thermique, de constante de temps thermique, analogies électriques).

Convection

Rayonnement

Combinaison des modes.

- Applications: les systèmes refroidisseurs de radiateurs, échangeurs.

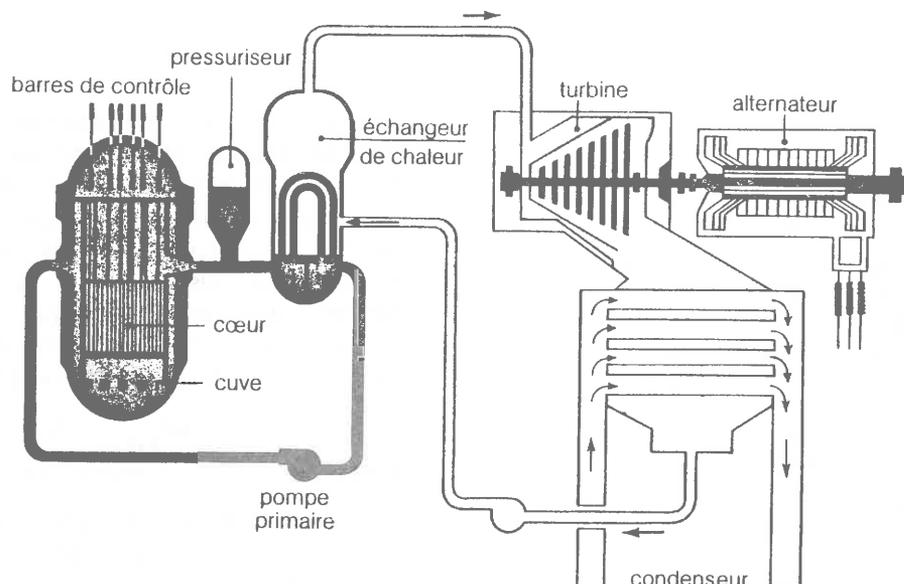
2.4. Physique atomique et nucléaire

On illustrera les rappels de thermométrie par la présentation des capteurs, sondes de température, thermocouples.

On se limitera en thermocinétique au régime permanent et aux régimes transitoires simples.

L'étude de la combinaison des modes de transfert de la chaleur permettra d'introduire le coefficient global de transmission thermique et de préciser sa dépendance avec la température.

Schéma de principe d'une centrale nucléaire avec réacteur à uranium enrichi et eau sous pression. (PWR)



T.P. clés en main

OSCILLATEUR MODULABLE EN FREQUENCE ET BOUCLE D'ASSERVISSEMENT DE PHASE

F. CHAUVET, I.U.T. de Toulouse

Le texte ci-dessous décrit la manipulation sur "Les Oscillateurs Modulables en Fréquence (V.C.O.) et les Boucles à Verrouillage de Phase (P.L.L.)" que nous utilisons en Travaux Pratiques de l'Option "Electronique" au département de Génie Electrique de l'I.U.T. de Toulouse.

Le V.C.O. a été introduit dans cette manipulation, essentiellement pour permettre d'obtenir facilement les divers signaux modulés en fréquence nécessaire pour effectuer l'étude de la P.L.L.; en outre, comme le V.C.O. est un organe constitutif essentiel de la P.L.L., nous avons choisi un V.C.O. en circuit intégré d'excellente linéarité.

Quant au matériel nécessaire pour effectuer la manipulation, outre les deux maquettes à réaliser, il comprend au minimum:

- un oscilloscope bi-faisceau,
- une alimentation ± 15 V,
- un générateur sinusoïdal et dent de scie,
- une alimentation stabilisée variable.

Le travail de l'élève sera facilité si l'on peut disposer en plus du matériel suivant:

- un fréquencemètre,
- une alimentation stabilisée variable par bonds,
- un phasemètre.

1. Généralités

Une boucle d'asservissement de phase est un système qui permet d'asservir la phase d'un oscillateur sur celle d'un signal reçu*.

* Soit un signal du type:

$$Y_i(t) = A \cos [\omega_i t + \theta_i].$$

Dans l'étude des P.L.L. il est d'usage d'appeler phase la quantité:

$$\varphi_i(t) = \omega_i t + \theta_i$$

La pulsation instantanée ω inst. étant par définition la dérivée de la phase par rapport au temps.

Cet asservissement peut être maintenu malgré la présence d'effets perturbateurs importants et permet, entre autre, la démodulation cohérente des signaux modulés en phase et en fréquence.

Dans la terminologie anglo-saxonne, de tels systèmes sont appelés Phase Locked Loop -ce qui se traduit mot à mot par Boucle à Verrouillage de phase- et le signe utilisé pour les désigner est P.L.L.

Le schéma synoptique d'une boucle d'asservissement de phase est représenté par la figure I-1.

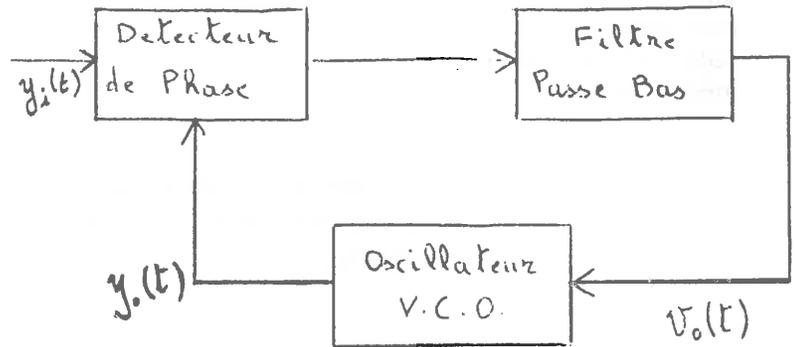


Figure I-1

Ainsi que le représente cette figure, une boucle d'asservissement de phase est essentiellement composée d'un détecteur de phase et d'un oscillateur modulable en fréquence ou V.C.O. -V.C.O. étant le sigle pour Voltage Controlled Oscillator-. La figure I-2 représente la caractéristique de transfert d'un V.C.O. Le fonctionnement d'un V.C.O. est décrit par l'équation suivante:

$$\omega_{v.c.o.} = \omega_0 + K_0 v_0 \quad I-1$$

Cette équation montre que:

- 1) En l'absence du signal de commande ($v_0=0$), le V.C.O. oscille librement à sa fréquence propre ω_0 .

2) Les écarts de fréquence $\omega_{V.C.O.} - \omega_0$ sont proportionnels à l'amplitude de la tension de commande V_0 ; K_0 constitue le gain de conversion et s'exprime en $[Rd/sec].[V]^{-1}$.

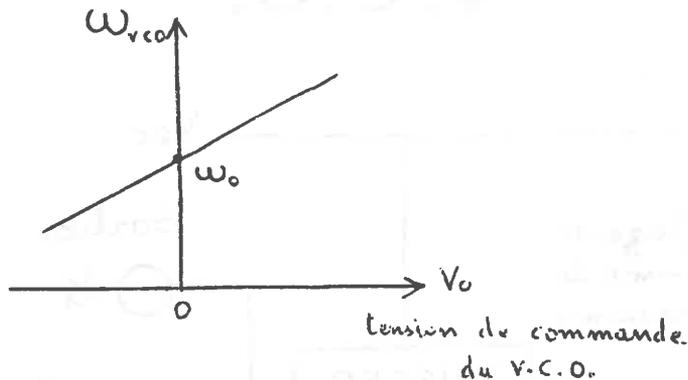


Figure I-2

On peut décrire sommairement le fonctionnement d'une boucle de phase de la manière suivante. En l'absence du signal d'entrée, $y_i(t)=0$, le détecteur de phase qui peut être assimilé au point de vue structure à un multiplieur analogique suivi d'un filtre passe-bas, délivre une tension de sortie nulle et le V.C.O. oscille à sa fréquence propre ω_0 .

Lorsqu'un signal $y_i(t)$ est appliqué à l'entrée de la P.L.L., sa phase $\varphi_i(t)$ est comparée à celle $\varphi_0(t)$ du signal $y_0(t)$ issu du V.C.O. Le détecteur de phase délivre une tension $v_d(t)$ proportionnelle à l'écart de phase $\varphi_i(t) - \varphi_0(t)$.

$$v_d(t) = K_d [\varphi_i(t) - \varphi_0(t)] \quad I-2$$

La sortie $v_0(t)$ du filtre passe bas qui suit le détecteur de phase attaque le V.C.O.

et du fait du bouclage en Contre Réaction, contraint le V.C.O. à aligner sa fréquence sur celle du signal incident. On dit alors que la phase de l'oscillateur est asservie ou verrouillée sur celle du signal d'entrée.

Lorsque la boucle est verrouillée, les fréquences du signal incident et du signal généré par le V.C.O. sont identiques. Toutefois, entre ces 2 signaux, il est nécessaire qu'il existe une différence de phase de manière à ce que le V.C.O. puisse être commandé pour qu'il aligne sa fréquence sur celle du signal incident. Cette différence de phase ou erreur d'asservissement est d'autant plus petite que le "gain de boucle" est grand.

Lorsque la boucle de phase est verrouillée, si la fréquence du signal incident varie,

le signal issu du V.C.O. suit les variations de fréquence du signal incident; cela permet, ainsi que le décrit la figure I-3 de faire de la démodulation F.M.

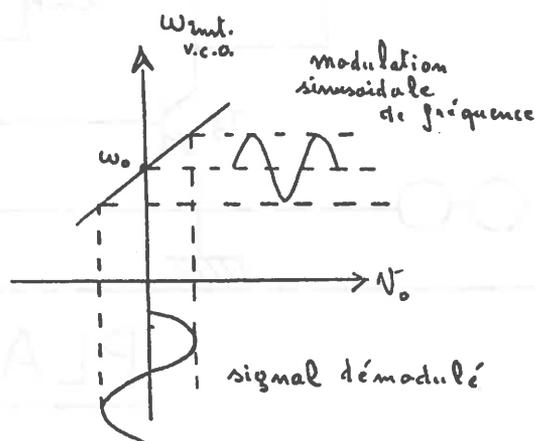
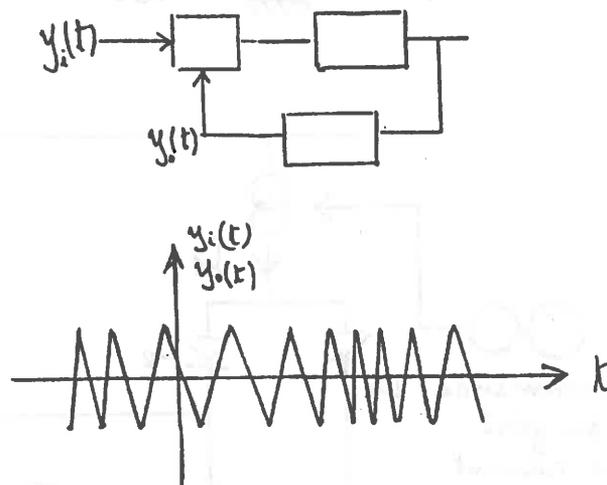


Figure I-3

Les caractéristiques essentielles d'une boucle de phase sont:

- La valeur ω_0 de la fréquence propre du V.C.O.

- Le domaine de verrouillage, c'est-à-dire le domaine de fréquence centré sur la fréquence propre ω_0 du V.C.O. dans lequel, lorsque la boucle est verrouillée, peut varier la fréquence du signal d'entrée sans détruire le verrouillage.

- Le domaine de capture, c'est-à-dire le domaine de fréquence dans lequel, lorsque la boucle n'est pas verrouillée, doit se trouver la fréquence du signal d'entrée pour que la boucle puisse se verrouiller.

T.P. clés en main

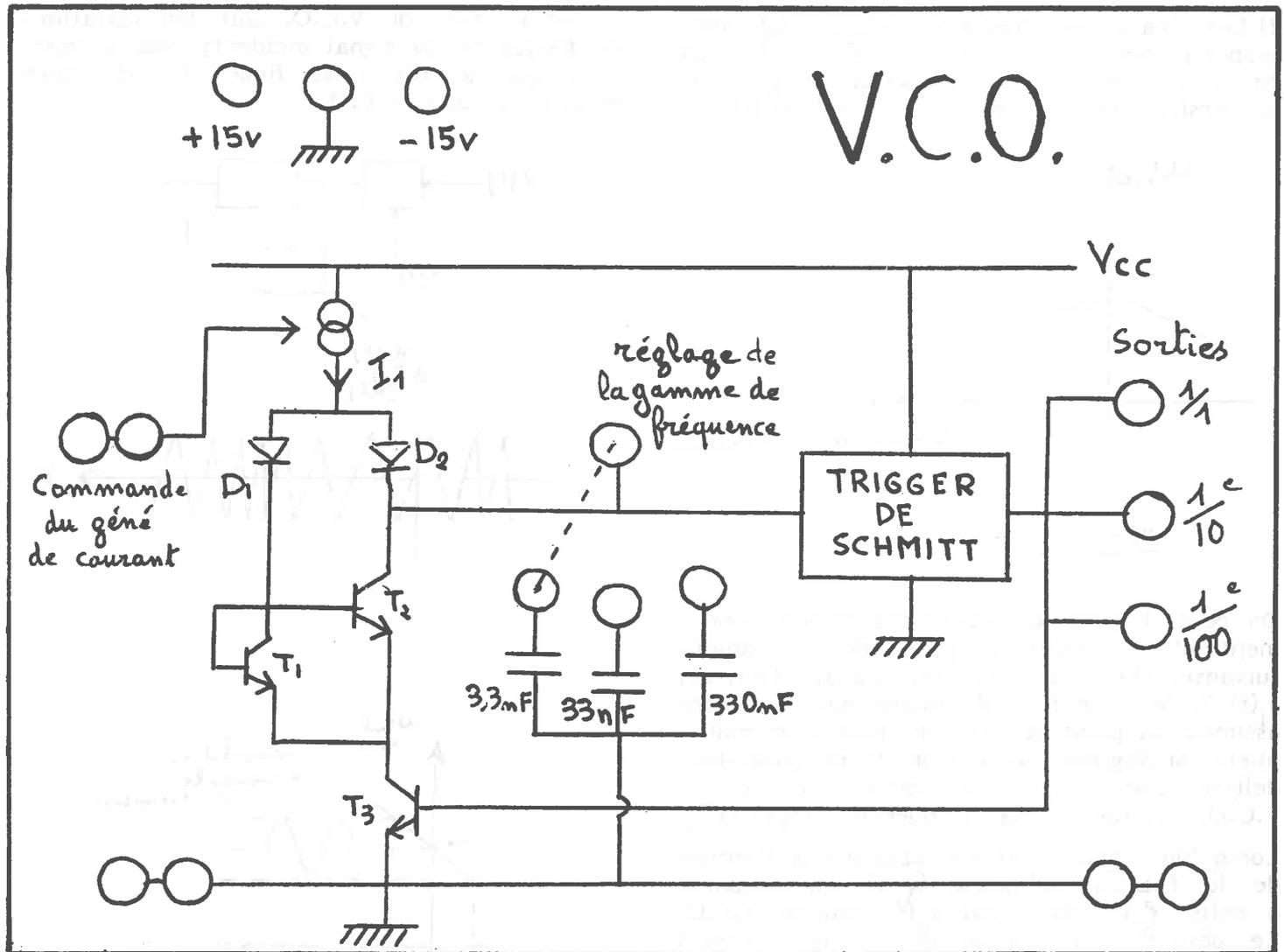


PLANCHE I

2. Etude du V.C.O.

La planche I représente la maquette du V.C.O. que nous allons étudier. Il s'agit d'un V.C.O. en circuit intégré: le 566.

2.1. L'entrée de commande étant reliée à la masse, relever la loi de variation de la fréquence centrale du V.C.O. en fonction de la valeur de la capacité. En déduire la valeur du coefficient k lorsque cette loi est mise sous la forme:

$$f_0 = \frac{1}{2 kC}$$

2.2. Relever pour l'une des trois valeurs possibles de la capacité la loi de variation de la fréquence du V.C.O. en fonction de sa tension de commande v ; v doit varier dans la gamme $+ 1,5 \text{ Volt}$, $- 1,5 \text{ Volt}$. En

déduire la valeur du gain de conversion K_0 (en Hz/Volt) du V.C.O.

Remarque: pour obtenir des signaux modulés en fréquence par une sinusoïde, une rampe ou un signal carré, il suffit de commander le V.C.O. par une sinusoïde, une rampe ou un signal carré.

3. Etude des paramètres d'une boucle

La planche II représente la maquette de la P.L.L. que nous allons étudier. Il s'agit d'une P.L.L. constituée par un seul circuit intégré (le 565) qui utilise comme V.C.O. un V.C.O. du même type que celui étudié précédemment.

Grâce à cette maquette, on peut:

- Faire varier par bonds ou de manière continue la fréquence centrale du V.C.O. en chan-

T.P. clés en main

la droite AB de la figure V-a. Augmenter progressivement l'amplitude de la rampe de manière à observer le reste de cette figure.

Connaissant la sensibilité du V.C.O. de la maquette V.C.O. et le gain de l'ampli X de l'oscilloscope, déterminer pour le filtre utilisé les domaines de verrouillage et de capture.

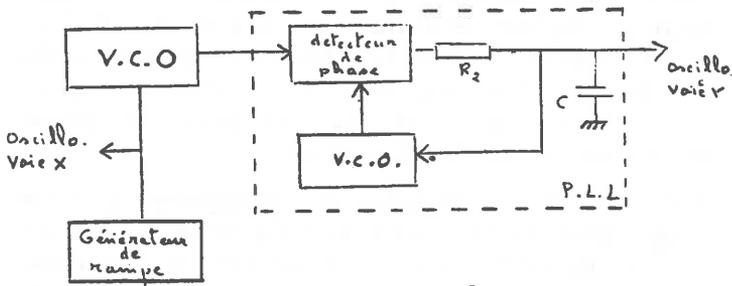


Figure IV

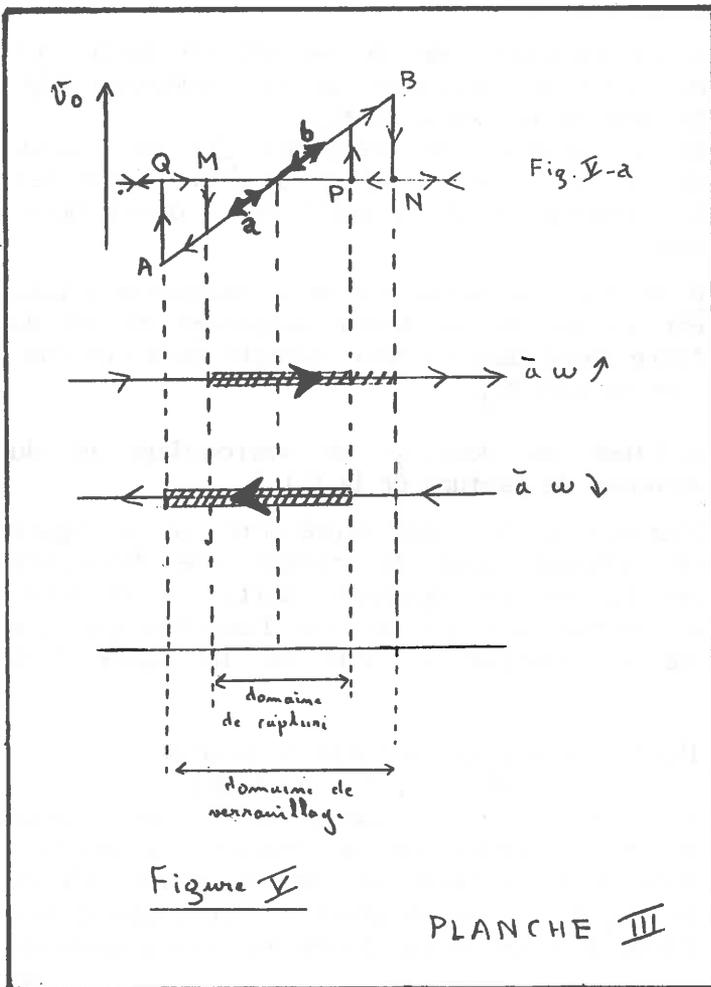


Figure V

PLANCHE III

Pour cela utiliser un filtre de boucle ($R_2 = 0$, $C = 0,47 \mu F$) et commencer à opérer avec une rampe de faible amplitude de manière à observer d'abord la portion ab de

5. Démodulateur F.M.

Commander le V.C.O. de la maquette V.C.O. par une sinusoïde et relier la sortie de ce V.C.O. à l'entrée de la P.L.L.

Réaliser un signal FM $y_1(t)$ modulé par une sinusoïde tel que la déviation maximum de fréquence soit égale à 10% de la porteuse. On rappelle que:

$$y_1(t) = A \cos[\omega_0 t + \frac{\Delta f_{max}}{f_m} \sin \omega_m t]$$

$$= A \cos[\omega_0 t + \frac{K_o V_m}{f_m} \sin \omega_m t]$$

$$\omega_{i \text{ Inst. Max.}} = \omega_0 + 2\pi K_o V_m$$

K_o (en Hz/Volt) étant le gain de conversion du V.C.O. de la maquette V.C.O. L'indice de modulation β est défini par:

$$\beta = \frac{\Delta f_{max}}{f_m}$$

Représenter graphiquement les variations de l'amplitude du signal démodulé en fonction de la fréquence f_m du signal de modulation pour chacun des filtres suivants:

- $R_2 = 0$ $C = 4,7 \mu F$ ($f_0 \approx 1 \text{ KHz}$)
- $R_2 = 390 \Omega$ $C = 4,7 \mu F$ ($f_0 \approx 1 \text{ KHz}$)

Durant cette partie de la manipulation observer simultanément sur l'oscilloscope le signal de commande du V.C.O. et le signal démodulé.

deux autres, dans le planning horaire.

Les animateurs principaux seront :

- MM. BARD et CHARRAS, pour le thème 1 (I.U.T. 1 de Grenoble),
- MM. BECHAZ et DEGRYSE, pour le thème 2 (I.U.T. 1 de Grenoble),
- M. GILBERTRAS, pour le thème 3 (I.U.T. de Ville d'Avray).

D'autres animateurs interviendront.

Le matériel utilisé sera le suivant :

- un mini-ordinateur DEC PDP 11 multiprogrammation, six consoles,
- deux systèmes de développement A.I.M. Multipostes,
- deux systèmes de développement Thémis (THOMSOM-EFCIS),
- trois systèmes de développement Monochip 8748,
- Développement des microprocesseurs MOTOROLA 6800, 6802, 6805, 6809, INTEL 8080, Z 80,...
- KIT D5 MOTOROLA, Cartes "Europe" simples, KIT MOSTECH.

2. Organisation matérielle

Les enseignants intéressés par l'Ecole d'Eté des Départements de Génie Electrique sont priés de nous retourner leur fiche d'inscription **avant le 19 Mai 1983.**

L'inscription d'un enseignant par Département sera prioritaire. L'inscription d'un deuxième enseignant sera donc conditionnelle. Une réponse définitive sera faite dès le 26 Mai 1983.

L'organisation pédagogique est prise en charge par les Départements de Génie Electrique de GRENOBLE. Les frais d'hébergement et de nourriture sont à la charge des participants.

L'I.U.T. de Grenoble pense offrir une possibilité de logement en Résidence Universitaire et joindra à son courrier du 26 Mai 1983, une notice de l'Office du Tourisme de GRENOBLE, en ce qui concerne les hôtels.

Pour tout renseignements, contacter: **J. MICHOUÏER**, Professeur d'Université, Responsable de l'Organisation ou **C. DARNE**, Secrétaire de l'Ecole d'Eté, G.E. II-I.U.T. "I" de GRENOBLE, B.P. 67, 38402 ST-MARTIN-D'HERES-CEDEX.

ECOLE D'ETE DES DEPARTEMENTS DE GENIE ELECTRIQUE

2.5. Synthèse des correcteurs échantillonnés

- Objectif de la correction
- Régulateur P.I., Régulateur P.I.D.
- Correcteur général
- Calcul pratique par la méthode des pôles dominants
- Correcteur à réponse "pil"
- Programmation des correcteurs

3. Filtrage numérique (24 heures)

3.1. Généralités

- Fonction de transfert
- Stabilité et diagramme des pôles
- Réponse impulsionnelle

3.2. Synthèse des filtres non récurrents

- Par la méthode des fenêtres
- Par l'échantillonnage de fréquence
- Par l'optimisation de la fonction de transfert

3.3. Synthèse des filtres récurrents

- Par invariance impulsionnelle
- Par la transformation bilinéaire
- Application: cellule de 2ème ordre - filtre sélectif, filtre en peigne

3.4. Technologies de réalisation des filtres

- Dispositifs analogiques
- Capacités commutées
- Dispositifs cablés
- Circuits numériques spécialisés



La Commission au travail
(Créteil, 18-3-83)