



V. COMMENTAIRES

1. Circuits électriques

PROGRAMME

1.1. Circuits linéaires

Etude des circuits linéaires en régime sinusoïdal à fréquence constante à l'aide de la notation complexe.

Modèles de Thévenin et de Norton : prise en compte des sources commandées. Bobines et condensateurs : associations en vue de la sélection de fréquence ; modèles des bobines et condensateurs réels.

Etude qualitative de l'action d'un circuit linéaire sur un signal périodique.

1.2. Circuits non linéaires (TP cours).

Action d'un circuit non linéaire sur un signal périodique.

Instructions et commentaires

1.1. Cette étude reprend et complète celle qui est effectuée en première. On y trouve l'occasion de redire que l'étude des régimes sinusoïdaux est justifiée par le fait que tout signal périodique se compose d'un fondamental et d'harmoniques de rang n . Cependant, pas plus qu'en première on ne parle de série de Fourier, ni du calcul des différentes composantes d'un signal périodique,

L'utilisation des nombres complexes ne détruit pas ce que la représentation de Fresnel a permis d'acquérir, mais conforte les résultats établis par cette technique. La notation $e^{j\theta}$ étant au programme de mathématiques de la classe terminale, peut être utilisée avec prudence, après concertation avec le professeur de mathématiques.

Les ponts d'impédance sont beaucoup moins employés qu'autrefois dans le domaine de la mesure, on n'en fait pas l'étude systématique. En revanche, fonctionnant en régime déséquilibré, ils entrent dans la constitution d'une foule de capteurs, aussi la recherche du modèle de Thévenin équivalent à tel ou tel pont déséquilibré, constitue-t-elle toujours un très bon exercice qu'une étude effectuée en Travaux Pratiques permet de compléter.

Si le circuit résonnant en série constitue un excellent modèle mathématique d'oscillateur, qu'il faut connaître et exploiter, on n'oublie pas que, dans la pratique, le circuit résonnant en parallèle est plus utilisé que le premier.

On fait remarquer que lorsqu'un signal périodique non sinusoïdal est appliqué à un quadripôle linéaire, celui-ci ne peut qu'atténuer ou renforcer certains harmoniques, mais il ne peut en créer de nouveaux. La déformation du signal provient également de l'action du circuit linéaire sur les phases des harmoniques.

1.2. **Etude effectuée en TP cours.** Une analyse spectrale, réalisée en utilisant un système d'acquisition et un logiciel de traitement associé (incluant une FFT) permettra de mettre en évidence des harmoniques nouveaux, absents du signal initial, lorsque celui-ci est traité par un circuit non linéaire.

Sur quelques cas très simples, le calcul (associé à l'utilisation d'un logiciel de calcul numérique) permet de justifier les résultats de l'étude expérimentale.

2. Fonctions mises en œuvre dans le traitement du signal

PROGRAMME

2.1. Filtrage

2.3. Comparaison à un et deux seuils (TP cours).

2.4. Amplification à référence commune et amplification de différence : coefficient d'amplification, gain, bandes passantes, impédances d'entrée et de sortie, linéarité, limitations.

Cas de l'amplification de puissance.

2.5. Fonctions mathématiques : addition, soustraction, intégration, multiplication.

2.6. Temporisation par les bascules monostables (TP cours). Utilisation de circuits spécialisés

2.7. Exemples d'association des fonctions précédentes ; problèmes posés par ces associations : adaptation d'impédance.

Instructions et commentaires

Chaque fonction est d'abord présentée (théoriquement ou expérimentalement), sous sa forme idéalisée. La fonction de transfert correspondante est ensuite établie lorsque c'est possible, ainsi que les modèles d'entrée et de sortie du dispositif support de la fonction. Dans chaque cas, une structure simple remplissant la fonction sera étudiée individuellement par les élèves en TP. Ce sera l'occasion d'en relever les défauts ou les limitations.

Lorsque le besoin s'en fait sentir, on définit les grandeurs marquant les limites technologiques les plus importantes des dispositifs remplissant la fonction étudiée : origine de la dérive d'un intégrateur, taux de réjection de mode commun pour l'amplificateur de différence, etc. Mais ces considérations ne peuvent faire l'objet d'un contrôle de connaissances du type A (selon la grille d'évaluation des sciences physiques) lors du baccalauréat.

2.1. Les élèves peuvent être habitués à tracer la courbe représentant le gain (en dB) de la fonction de transfert d'un filtre en fonction du logarithme de la fréquence, mais ils n'ont pas à connaître la technique des diagrammes asymptotiques de Bode ni même le vocable « diagramme de Bode ».

Les filtres qui sont étudiés sont des filtres simples du premier ordre ou un passe bande du second ordre. Dans ce cas, les résultats relatifs aux circuits résonnants sont largement exploités.

2.3. Etude effectuée en TP cours.

2.4. Quel que soit l'amplificateur, et même s'il s'agit d'un étage de préamplification, dont le signal d'entrée est faible, la puissance de ce signal est amplifiée : un transformateur de rapport de transformation $m > 1$ ne peut en aucun cas être considéré comme un amplificateur.

Pour l'amplification de puissance, on se limite au montage push-pull série à transistors complémentaires fonctionnant en classe B. On ne fait pas d'étude exhaustive de ce type de montage mais on montre expérimentalement comment le montage élémentaire de base est amélioré par l'inclusion de l'étage push-pull dans la chaîne de rétroaction d'un amplificateur opérationnel. Ceci peut être pris comme exemple de contre-réaction de tension à réinjection de tension.

On montre l'intérêt de l'amplificateur de différence en ce qui concerne le bruit et la sécurité.

2.5. Les grandeurs d'entrée et de sortie d'un intégrateur sont de même nature (tensions) : on ne manque pas de faire observer qu'il est nécessaire qu'une constante de temps τ soit associée aux opérations mathématiques correspondantes. Cette question d'homogénéité caractérise également l'opération de multiplication.

2.6. Etude effectuée en TP cours. Il s'agit d'une opération analogique. On n'insistera pas trop sur la partie calculatoire : il est plus important de repérer rapidement la (ou les) constante(s) de temps responsable de la temporisation et du temps mort qui peut suivre. On se limite à l'utilisation de circuits logiques CMOS ; il est souhaitable complétement d'utiliser un circuit spécialisé réalisant la fonction, sans étudier dans le détail son fonctionnement interne. La connaissance des réalisations de la fonction à base d'AOP n'est pas exigible.

2.7. Le vocable « adaptation d'impédance » recouvre, selon le domaine d'activité des physiciens, deux réalités bien distinctes : on désigne souvent ainsi le fait de rendre très grande l'impédance d'entrée d'un quadripôle devant l'impédance de sortie du quadripôle précédent : la fonction de transfert de la cascade des deux quadripôles ainsi obtenue est alors égale au produit de la fonction de transfert « à vide » du premier quadripôle par celle du second. Dans ce cas, qui est désormais seul au programme, « adapter » les impédances revient souvent à interposer un étage suiveur entre un quadripôle et le suivant.

Dans l'autre cas, « adapter l'impédance d'un récepteur à celle d'un générateur » signifie que l'on intercale entre ces deux éléments un quadripôle sans pertes qui permet de transférer du générateur au récepteur la puissance maximale. C'est le cas le plus répandu en physique (acoustique, optique, hyperfréquences, etc.). Il n'est pas étudié ici.

3. Conversion numérique-analogique et analogique-numérique

PROGRAMME

3.1. Exemples de convertisseurs numérique-analogique et analogique-numérique.

3.2. Chaîne de mesure d'un multimètre électronique ; fidélité, sensibilité d'un appareil, origines de quelques erreurs de mesure.

Instructions et commentaires

Le comptage et les bascules bistables ne sont pas au programme ; ces notions sont traitées en cours de technologie ; on ne s'interdit pas d'y faire référence. Dans le cadre de l'électricité générale, le professeur de Physique appliquée peut s'intéresser aux phénomènes physiques mis en oeuvre dans ces composants qui influent par exemple sur la consommation de puissance et sur la forme des courants absorbés. Il fait alors pratiquer à ses élèves les mesures électriques qui permettent de rendre concrets ces phénomènes et de comprendre les choix technologiques effectués par ailleurs.

3.1. Les divers types de convertisseurs numériques-analogiques ou analogiques-numériques n'ont pas à être connus *a priori* des élèves, mais on montre comment sont construits les plus simples. A propos de l'étude d'un thème ou d'une séance de TP on pourra en outre comparer plusieurs types de convertisseurs industriels et confronter leurs performances mesurées à celles qui sont annoncées par les constructeurs.

La présentation de l'architecture d'un système à microprocesseur ne fait pas partie du programme de physique appliquée. Cependant, l'utilisation et la configuration raisonnée, en travaux pratiques, de micro-ordinateurs, et de systèmes d'acquisition dont les fonctions sont connues et exécutées selon des processus identifiables et sur lesquels les élèves, munis des clefs nécessaires, pourront agir, sont vivement recommandées.

3.2. Quand les appareils de mesures électriques utilisaient tous, peu ou prou, les propriétés du galvanomètre à cadre mobile, il était bon pour les élèves et pour l'ensemble des scientifiques dont la profession était en rapport avec l'électricité, de connaître le principe de fonctionnement de celui-ci. Aujourd'hui, les appareils numériques remplacent progressivement les autres et, si l'on s'en tient aux principes de base, leur fonctionnement n'est pas plus difficile à appréhender que celui des appareils à cadre mobile. Il faut donc, pour les démystifier, faire l'effort d'en analyser la constitution.

Il suffit de présenter le principe de fonctionnement le plus répandu des multimètres usuels (principe dit de la double rampe). On montre l'origine de quelques erreurs commises par les appareils numériques et on amorce une discussion sur la précision des mesures.

4. Systèmes commandés

PROGRAMME

4.1. Exemples de systèmes commandés en chaîne ouverte.

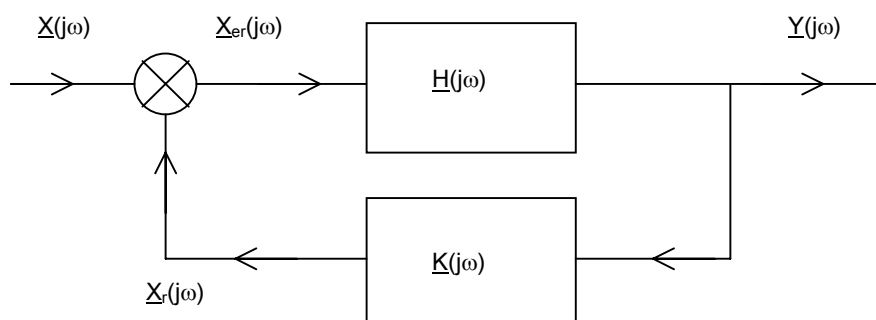
4.2. Exemples de systèmes commandés en chaîne fermée : schéma fonctionnel d'un tel système ; fonctions de transfert ; réactions positive et négative ; notion de stabilité.

Applications de la rétroaction ou réaction négative dans quelques domaines.

Instructions et commentaires

Les systèmes asservis prenant une extension considérable, il est nécessaire d'en faire acquérir les notions de base dès la classe terminale : du reste, tout amplificateur opérationnel fonctionnant en mode linéaire est nécessairement inclus dans un montage présentant une contre-réaction (encore appelée réaction négative ou rétroaction). Il ne s'agit donc pas d'étudier de nouveaux montages, ni de rendre plus complexes ceux qui étaient analysés jusque là, mais de faire acquérir un vocabulaire et une méthode d'analyse permettant de savoir à l'avance si tel ou tel montage a des chances d'être stable, ou de deviner la raison pour laquelle tel ou tel agencement a été retenu.

Deux exemples (dont l'un aura trait à une chaîne linéaire), suffisent à faire acquérir la notion et le vocabulaire correspondant. Il s'agit de présenter le schéma ci-dessous où le produit $T = H.K$ est la fonction de transfert de la chaîne ouverte.



On suppose la chaîne directe strictement unidirectionnelle, le réseau de retour n'en chargeant ni la sortie, ni l'entrée.

On montre que la fonction de transfert du système en chaîne fermée vaut : $\underline{T}'(j\omega) = \frac{\underline{H}(j\omega)}{1 + \underline{T}(j\omega)}$

La comparaison de $|1 + T(j\omega)|$ à l'unité permet de savoir si la réaction est positive ou négative.

Dans la pratique on n'étudie que des systèmes bouclés de tension à réinjections de tension [la tension de sortie $y(t)$ est prélevée, traitée par le réseau de retour, et c'est une tension $X_r(t)$ qui se compose avec la tension d'entrée $x(t)$ pour donner la tension d'erreur $x_{er}(t)$].

Toute théorie générale sur la stabilité des systèmes asservis est hors programme. On se limite à des considérations très simples confortées par des observations expérimentales.

Les applications essentielles de la rétroaction étudiée (amélioration de la précision, de la fidélité, abaissement de la sensibilité, augmentation de la bande passante, abaissement de l'impédance de sortie) seront soit démontrées si les démonstrations sont très simples, soit découvertes expérimentalement.

Cette partie, traitée en TP cours, pourra s'appuyer sur des exemples en électronique, en électromécanique (régulation de vitesse), en thermique (régulation de température).

5. Génération de signaux périodiques

PROGRAMME

5.1. Condition d'entretien limite d'oscillations quasi-sinusoïdales : dans le cas d'un oscillateur décrit par un schéma fonctionnel à réaction et dans le cas d'un oscillateur à résistance négative (TP cours).

Génération de signaux non sinusoïdaux : horloges, multivibrateurs (TP cours).

Instructions et commentaires

5.1. Etude effectuée en TP cours. La génération de signaux périodiques est, en fait, une application de la réaction positive, mais cet aspect des propriétés des systèmes bouclés n'est exploité que dans le cas des oscillateurs quasi-sinusoïdaux. Pour ce qui touche aux multivibrateurs, on considère leur instabilité comme un fait expérimental. On n'étudie que le cas limite caractérisé par $\underline{T} = -1$, autrement dit on se limite à la détermination de la fréquence de l'oscillation limite. Dans ces conditions on admet que les éléments actifs fonctionnent encore en régime linéaire. Toute théorie prenant en compte les non-linéarités responsables de la détermination de l'amplitude des oscillations est hors programme.

Pour certaines configurations d'oscillateurs quasi-sinusoïdaux, on peut montrer que la réalisation de la condition limite d'oscillation du système bouclé, équivaut à la mise au point d'un générateur fournissant autant d'énergie que celle qui est consommée dans l'élément dissipatif du sous système sélecteur de fréquence (cas des oscillateurs dits « à résistance négative »).

On limitera à deux ou trois le nombre des oscillateurs quasi-sinusoïdaux étudiés.

5.2. Etude effectuée en TP cours. On limite à deux exemples (multivibrateur réalisé avec un comparateur à deux seuils et structure utilisant deux inverseurs logiques), les cas étudiés. On se limite à l'étude d'une structure à base d'inverseurs logiques CMOS ; la connaissance des réalisations de la fonction à base d'AOP, mise à part la structure comportant un intégrateur et un comparateur à hystérésis à AOP, **n'est pas exigible**. La résolution de l'équation différentielle ne fait pas l'objet d'une étude systématique : sans protocole d'approche, elle n'est pas exigible au Baccalauréat. Il est souhaitable complémentirement d'utiliser un circuit spécialisé réalisant la fonction, sans étudier dans le détail son fonctionnement interne.

6. Conversions d'énergie relatives à l'électricité.

PROGRAMME

6.1. Conversion statique par hacheur série (TP cours).

6.2. Conversion par machines tournantes : moteurs à courant continu (TP cours).

Instructions et commentaires

Il s'agit d'élargir le champ de réflexion des élèves tout en restant dans un domaine qui, par ses applications professionnelles, les concerne beaucoup.

6.1. Etude effectuée en TP cours. Les conversions statiques sont aussi celles qui sont internes à l'électricité : un convertisseur reçoit de l'énergie électrique sous une certaine forme et restitue de l'énergie toujours électrique, mais sous une autre forme, ceci avec un bon rendement.

6.2. Etude effectuée en TP cours (2 séances). Les propriétés essentielles des machines à courant continu ($E = k \cdot \Omega, T = k' \cdot I$) n'ont pas à être démontrées mais justifiées par rappel des lois générales de l'électricité ou de la physique : ainsi l'expression $T = k' I$, provient de la loi de Laplace : $f = B I \sin \alpha$, quant à l'égalité des coefficients k et

k' dans les deux relations, elle traduit la conservation de la puissance. Cette partie est essentiellement tournée vers la commande de vitesse et sa régulation.

7. Optique

PROGRAMME

Radiations lumineuses, infrarouge, ultraviolet : expériences de cours.

Notions sur les ondes électromagnétiques et sur leur propagation.

Transmission non galvanique.(TP Cours)

Instructions et commentaires

Le développement extrêmement rapide de l'optoélectronique et des télécommunications rend indispensable l'acquisition de quelques connaissances dans les domaines de l'optique et plus largement des ondes électromagnétiques par les élèves de la section génie électronique.

Heureusement les composants (diodes électroluminescentes, photodiodes, phototransistors, opto coupleurs, fibres optiques ,diodes laser, lampes à ultraviolets, etc.) ne manquent pas et le professeur de physique appliquée pourra construire une séance de TP cours illustrée d'exemples montrant combien la notion de longueur d'onde est importante dans ce domaine. La transmission de signaux logiques constitue une application essentielle de cette partie du programme.