

DYNAMIQUE DU POINT ET DU SOLIDE

I Mouvements de translation (rectiligne, curvilignes)

Dans ce cas, le mouvement d'un solide se ramène à l'étude de celui de son centre de gravité → Dynamique du point pure et dure !

Exemple de la chute libre (mouvement de translation rectiligne) : enregistrement vidéo, exploitation sous latis pro, vérification de $dp/dt = \Sigma F_{\text{ext}}$, étude énergétique

II Mouvements de rotation

2.1 Solide en rotation autour d'un axe soumis à un couple constant

V.2 du topo

L'idée est de montrer que la masse n'est plus le seul paramètre d'influence pour décrire les mouvements de rotation puisqu'il faut aussi prendre en compte les moments d'inertie → faire la manip deux fois avec les mêmes masses mais avec distances différentes → la masse est la même mais les résultats ne sont pas les mêmes puisque l'inertie change.

2.2 Le pendule pesant

Cf. nouveau topo

L'idée est de voir dans quel cas on peut négliger l'inertie pour pouvoir décrire le phénomène avec la mécanique du point.

DYNAMIQUE DU POINT ET DU SOLIDE

2014, 2015, 2016 Dynamique newtonienne : Contrairement à une idée apparemment répandue chez les candidats, les mesures précises en mécanique ne sont pas nécessairement hors d'atteinte, et il est possible de discuter quantitativement une loi de conservation en prenant en compte les incertitudes expérimentales. Par ailleurs, le jury constate que les mobiles autoporteurs donnent le plus souvent lieu à des expériences trop simples, mal exploitées quantitativement et coûteuses en temps, au détriment d'expériences plus en accord avec le niveau attendu à l'agrégation ; une informatisation de ces expériences serait profitable pour éviter des erreurs de mesures et limiter leurs durées.

2013 Quantité de mouvement, moment cinétique et énergie en mécanique classique : Contrairement à une idée apparemment répandue chez les candidats, les mesures précises en mécanique ne sont pas nécessairement hors d'atteinte. L'étude quantitative du moment cinétique est très peu abordée. L'étude des solides en rotation est essentiellement limitée au gyroscope, dont le principe est par ailleurs souvent mal compris.

2012 Quantité de mouvement, moment cinétique et énergie en mécanique classique : Il faut bien différencier mécanique du point et mécanique du solide pour valider un modèle théorique. Les trois aspects de l'intitulé sont d'égale importance. Les systèmes isolés ou pseudo-isolés ne sont pas les seuls pouvant illustrer ce montage. On se reportera aussi au paragraphe (ci-dessus) « Comment élargir l'éventail des expériences » (accéléromètres des appareils grand public, effet Doppler...)

1998 Les lois de la mécanique newtonienne sont celles correspondant aux propriétés de la quantité de mouvement, du moment cinétique et de l'énergie mécanique. Une au moins des expériences présentées doit concerner la rotation du solide, mouvement dont l'importance est considérable. Les lois phénoménologiques (résistance des matériaux, loi de HOOKE, lois du frottement, ...) sont souvent utilisées dans les sciences appliquées mais n'ont pas à être évoquées dans ce montage.

SURFACES ET INTERFACES

2017 Le jury a vu de bons montages dans ce domaine. La notion d'hystérèse de l'angle de contact pour améliorer la mesure de la tension de surface par l'étude de la loi de Jurin a été appréciée.

2015, 2016 Surfaces et interfaces : **Le principe de certaines mesures est mal maîtrisé.** Par exemple, la mesure de la tension de surface par la balance d'arrachement nécessite d'avoir compris avec précision la nature des forces en jeu lors de la rupture du ménisque pour pouvoir justifier la formule qui est utilisée. Plus généralement, il convient de préciser clairement l'interface étudiée lorsqu'une expérience fait intervenir plus de deux phases. Enfin, il faut veiller à nettoyer le mieux possible les surfaces étudiées plutôt que de justifier de mauvais résultats par une « saleté » sensée excuser des écarts parfois excessifs aux valeurs tabulées. Une alternative à laquelle les candidats pourraient penser serait d'utiliser des fluides de plus basse tension superficielle que l'eau et donc moins sensibles aux pollutions.

2014 Surfaces et interfaces : De bons montages ont été vus sur ce sujet. Toutefois, le principe de certaines mesures est mal maîtrisé. Par exemple, la mesure de la tension de surface par la balance d'arrachement nécessite d'avoir compris avec précision la nature des forces en jeu lors de la rupture du ménisque pour pouvoir justifier la formule qui est utilisée. Plus généralement, il convient de préciser clairement l'interface étudiée lorsqu'une expérience fait intervenir plus de deux phases. Enfin, il faut veiller à nettoyer le mieux possible les surfaces étudiées plutôt que de justifier de mauvais résultats par une « saleté » sensée excuser des écarts parfois excessifs aux valeurs tabulées.

2013 Phénomènes de surface : Ce montage se limite trop souvent aux liquides et à l'étude de la tension Superficielle. Le titre est pourtant large et n'exclut pas les surfaces solides.

2011, 2012 Phénomènes de surface : La tension superficielle (intitulé 2010) n'est pas le seul phénomène de surface pouvant être mis en évidence.

2010 Tension superficielle : Ce montage comporte des mesures délicates qui, si elles sont bien exécutées avec un protocole précis, peuvent mettre en valeur l'habileté expérimentale du candidat. Il peut par contre donner lieu à des prestations décevantes si les candidats ignorent les difficultés de ces mesures. L'intitulé devient *phénomènes de surface* en 2011. Le jury espère ainsi augmenter la variété des expériences possibles.

2009 Tension superficielle : Ce montage est choisi par de nombreux candidats et donne lieu, le plus souvent, à des prestations décevantes lorsque les candidats ignorent la difficulté des mesures de tension superficielle.

2008 Tension superficielle : Les balances d'arrachement sont délicates à utiliser, il est nécessaire de bien comprendre leur fonctionnement. Les ondes capillaires ne s'observent que pour un certain domaine de longueurs d'onde.

2007 Tension superficielle : Si le candidat souhaite utiliser une balance d'arrachement, il est invité à en choisir une dont il maîtrise le fonctionnement. L'utilisation d'une webcam pour la loi de Jurin donne de meilleurs résultats qu'une projection à l'aide d'une lentille.

2006 Tension superficielle. Ce sujet, souvent choisi, cette année a été réussi de manière inégale. Il demande un soin expérimental tout particulier. Les mesures nécessitent de se placer en régime statique.

2005 Dans la détermination de tensions superficielles par arrachement, une meilleure maîtrise du protocole de mesure permettrait une discussion des incertitudes.

2000 Les modes à la surface libre d'un liquide sont rarement évoqués.

1999 La notion de longueur capillaire semble inconnue à la plupart des candidats. De simples considérations dimensionnelles permettent d'en retrouver l'expression.

1997 Dans le montage sur la tension superficielle, il est dommage de se limiter à des mesures en régime statique. On peut élargir l'étude à la propagation des ondes de surface (relation de dispersion, atténuation).

MESURE DE TEMPERATURE

Principe du thermomètre a gaz

→ § 2.1 et 2.2

Résistance de platine

Mesure de R_0 , stabilité du milieu → § 3.1.1

Mesure de la t° d'ébullition de l'eau → § 3.1.2

Mesure 4 fils → § 3.1.3

Les Camera IR

C'est une méthode actuelle de mesure (dans le bâtiment pour l'isolation).

Problème une seule disponible a rennes et envoyée à l'oral du capes...

La thermistance

Mesures et exploitation

→ § 4.2.1 et 4.2.2 (on peut faire les mesures avec le

thermocouple en même temps).

Thermocouple

→ § 4.3.2

Rapports :

2014 2015 Mesure de température : De nombreux candidats utilisent à bon escient les échelles secondaires de température (résistance de platine) et ont compris que la notion de point fixe est essentielle pour l'établissement d'une échelle thermométrique. En revanche, certains ignorent encore les mécanismes physiques mis en jeux dans les différents capteurs qu'ils utilisent et ne réfléchissent pas suffisamment à la précision requise lors de l'utilisation d'un thermomètre « de référence ». Enfin, il serait intéressant de faire intervenir des capteurs de température plus modernes, comme des caméras infra-rouge.

2013 Thermométrie : Les candidats utilisent en général à bon escient les échelles secondaires de température (résistance de platine). Les mécanismes physiques mis en jeux dans les différents capteurs utilisés doivent être connus. La notion de point fixe est essentielle pour l'établissement d'une échelle thermométrique.

2012 Thermométrie : Ce montage est trop souvent réduit à un catalogue de capteurs thermométriques sans hiérarchie : la notion de points fixes est trop souvent inexploitée, ou mal exploitée. En 2013, il devient « Echelles et mesures de température ». Lors de l'utilisation de thermocouples, il faut en connaître le principe, la température de référence, et le domaine de validité. Ceci vaut aussi pour le montage suivant.

2011 Thermométrie : Ce montage est trop souvent réduit à un catalogue de capteurs thermométriques sans hiérarchie.

2010 Thermométrie : Comme recommandé dans les précédents rapports, les candidats utilisent en général à bon escient les échelles secondaires de température (résistance de platine). Les mécanismes physiques mis en jeux dans les différents capteurs utilisés doivent être connus. La notion de point fixe est essentielle pour l'établissement d'une échelle thermométrique. Il est important de faire la différence entre mesure et repérage de température.

2009 Thermométrie : On attend dans ce montage des manipulations plus pertinentes que l'étalonnage d'une résistance de platine par un thermomètre à mercure. La notion de point fixe doit être connue.

2008 Thermométrie : Ce montage ne peut pas se résumer à une simple comparaison de capteurs. La notion d'échelle de température doit être dégagée. Le jury rappelle le statut particulier des thermomètres de référence (thermomètre à gaz et résistance de platine) et des points fixes.

2006 Thermométrie. Il est important de dominer les notions de bases de la thermométrie ainsi que le principe de fonctionnement des différents thermomètres utilisés.

2000 Thermométrie : capteurs, points fixes, étalonnages, mesures : Deux types de thermistances existent, dénommées CTP lorsque la résistance augmente avec la température, et CTN dans le cas contraire. Certains candidats ont fait des confusions à ce sujet. Dans le cas des CTN à semi-conducteur, il convient d'explorer une gamme de températures suffisamment large si l'on veut vérifier la relation $R = R_0 \exp(E_g/kT)$ sur l'étendue 20°C 50°C , la courbe donnant $R - g(T)$ peut tout à fait s'avérer aussi proche d'une droite que la courbe donnant $\text{Log}(R) = f(1/T)$...

TRANSITIONS DE PHASE

Equilibre S \leftrightarrow L

Mono variance de l'équilibre

Solidification de l'étain \rightarrow § II.1 : attention, manip dangereuse !!

Phénomène de surfusion

\rightarrow § II.2 (avec l'acide acétique) pas nécessaire si c'est visible sur l'étain !!

Equilibre L \leftrightarrow G

Mesure d'une chaleur latente de vaporisation

Indispensable \rightarrow par Calorimétrie III.2 (cf. remarque du jury) et/ou par Clapeyron III.3.

Influence de la pression

Peut se faire avec la manip du point triple

Etude des points particuliers du diagramme P(T)

Etude du point triple

\rightarrow § IV.1 : on peut se servir de la manip Clapeyron en l'allégeant

Etude du point critique

\rightarrow § IV.2 (plus longue et interprétation plus délicate). A noter qu'il existe un autre dispositif à l'ENS ULM (cf. poly présent dans le dossier étudiant) permettant cette étude qui sera à l'oral. Elle est présente à Rennes en TP de L2 mais on ne peut pas la transporter à cause du bain de mercure. On peut envisager de faire une séance particulière pour voir cette expérience (pendant la séance de révision par exemple).

Transitions structurales et magnétiques

Petites manip qui permettent de « passer le temps » en attendant les résultats des manip quantitatives

Transition $\text{Fe}_\alpha \leftrightarrow \text{Fe}_\gamma$

\rightarrow § V.1

Transition ferro- para du Fer

\rightarrow § V.2

Effet supra

2015 Transitions de phase : Ce montage doit être quantitatif et il ne faut donc pas se limiter à une série d'expériences qualitatives mettant en évidence des transitions de phases dans différents systèmes. Il faut, lors des mesures, avoir bien réfléchi aux conditions permettant d'atteindre l'équilibre thermodynamique. Dans ce domaine, les mesures « à la volée » sont souvent très imprécises. Une grande attention doit être apportée à la rigueur des protocoles employés. Enfin, il faut rappeler aux candidats que le diazote n'est pas le seul liquide dont il est possible de mesurer la chaleur latente de

vaporisation et que plonger un corps solide dans un liquide conduit à l'existence d'une force appelée poussée d'Archimède.

2013 2014 Transitions de phase : Ce montage doit être quantitatif. Il faut pour cela avoir bien réfléchi aux conditions permettant d'atteindre l'équilibre thermodynamique. Dans ce domaine, les mesures « à la volée » sont souvent très imprécises. Une grande attention doit être apportée à la rigueur des protocoles employés. Dans les expériences de calorimétrie, il est important de tracer l'évolution temporelle de la quantité mesurée (température, masse) avant et après le phénomène étudié afin d'estimer les fuites thermiques

2010, 2011, 2012 Transitions de phase : Ce montage peut et doit être quantitatif. Il faut pour cela avoir bien réfléchi aux conditions permettant d'atteindre l'équilibre thermodynamique. Dans ce domaine, les mesures « à la volée » sont souvent très imprécises. La chaleur latente peut provenir de mesures calorimétriques, pas seulement de la courbe $p(T)$.

2009/2007/2005

Transitions de phase : Ce montage peut et doit être quantitatif. La notion de chaleur latente est trop souvent absente.

2008

Transition de phase : Ce montage doit faire l'objet de mesures. L'établissement des équilibres thermiques étant parfois long, il est nécessaire de bien gérer le temps et d'anticiper le démarrage des expériences. La durée des régimes transitoires doit être prise en compte dans les interprétations.

1999

Le montage ne saurait se limiter à la détermination de quelques points du diagramme de phase d'un corps pur. Il est souhaitable de mesurer, par exemple, une chaleur latente. Lorsqu'il s'agit de la chaleur latente de vaporisation (enthalpie) L_v de l'azote liquide à la pression atmosphérique, le protocole souvent mis en œuvre consiste à introduire une résistance chauffante dans le calorimètre Dewar, la détermination de l'énergie électrique consommée pendant un certain temps et la mesure de la masse du liquide vaporisé permettent de trouver l'enthalpie cherchée, même si on se place, le plus souvent à tort, dans l'hypothèse très défavorable des grandeurs corrélées, la détermination classique de l'incertitude (portant sur les mesures de masse, de temps, de tension et d'intensité) ne permet pas en général de justifier l'écart important entre la valeur de L_v ainsi déterminée et la valeur tabulée : le mode opératoire introduit en effet des erreurs systématiques qui doivent être prises en compte pour aboutir à un résultat corrigé. La manipulation est même un bel exemple pour illustrer ce sujet : l'hypothèse qui sous-tend la mesure est que toute l'énergie électrique consommée sert à vaporiser le liquide, or, en général, la résistance chauffante est loin de plonger toute entière dans celui-ci, à défaut de pouvoir résoudre totalement ce problème, on se placera dans les conditions les moins défavorables possibles. Si on n'y prête pas attention, la pesée du calorimètre contenant l'azote liquide prend en compte la poussée d'Archimède exercée sur la résistance chauffante qui varie évidemment avec le niveau du liquide. La vaporisation a lieu même si on ne chauffe pas, la correction nécessaire est facile à déterminer. Elle peut être non négligeable. Ce n'est qu'après avoir corrigé tous ces biais qu'on peut commencer à évaluer l'incertitude.

INSTRUMENTS D'OPTIQUE

Premier montage d'optique de l'année → commencer par savoir projeter correctement l'image d'une fente, d'un trou ou d'un objet étendu car c'est la base de n'importe quel montage (cf. remarques du Jury) → connaître la règle des 4 P, l'influence de la surface éclairée d'une lentille sur les aberrations, la profondeur de champ et la coma pour corriger les montages et les notions de diaphragme de champ et d'ouverture.

Pour le montage : il faut sans doute mieux étudier un instrument réel (cf. remarques du Jury) → microscope, lunette astro, objectif photo, ... Le microscope ou l'objectif photo sont les plus simples à étudier (pas besoin de créer un objet à l'infini. Il faut aussi aborder le problème des aberrations sans faire un catalogue complet.

Formation image d'une fente, d'un objet de grande taille

§ 1.2.1 et 1.2.2 à faire en TP mais pas en montage.

Etude d'un instrument d'optique

microscope (§ III), téléobjectif (§ IV ou cf. Sextant) ou lunette astronomique

Pour le téléobjectif : calcul de f^* par grandissement, détermination de H et H' . On peut montrer que f^* change avec la distance de MAP avec un objectif flottant (zoom).

Pour le microscope, mesurer son grossissement commercial

Ouverture et profondeur de champ

§ IV.3 tracer une courbe $V = f(1/NO^2)$

Eventuellement § IV.4 si on a traité l'objectif. Manip qualitative possible à l'œil ou de manière plus réaliste avec une barrette CCD et une mire.

Notion de diaphragme

§ V à connaître car sert pour corriger ses montages et application au microscope

Aberrations

Pour l'objectif, on peut s'intéresser à la distorsion, aux AC, et au vignettage (champ de contour) car défauts les plus visibles sur les photos. Pour le microscope, aberration de sphéricité, les AC ou le diaphragme de champ.

Sphérique → § VI.1.1 (quantitatif possible mais délicat)

Coma (§ VI.1.2) ou distorsion (§ VI.1.3) → à connaître pour corriger ses montages

Aberrations chromatiques → § VI.2 quantitatif possible mais délicat.

Diffraction

Limite ultime de résolution → quantitatif possible → § 5 mais peut être vue lors du montage diffraction

2015, 2016, 2017 Instruments d'optique : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. L'étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. Les candidats doivent comprendre quelles sont les conditions pour que la mesure du grossissement puisse se ramener à la mesure d'un grandissement lorsqu'ils présentent des dispositifs afocaux. Enfin, dans certains cas, les candidats peuvent envisager l'utilisation de lunette de visée afin d'améliorer leurs mesures.

2013, 2014 Instrument(s) d'optique : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. L'étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. De bons exposés ont été observés sur ce sujet.

2012 Instrument(s) d'optique : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. Il ne faut pas appliquer sans discernement un protocole trouvé dans un livre. Les conditions de stigmatisme (approché ou rigoureux), les conditions de Gauss, les aberrations géométriques et les aberrations chromatiques ... doivent être connues. Les manipulations proposées doivent illustrer réellement le fonctionnement de l'instrument choisi.

2009, 2010, 2011 Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. Il n'est pas suffisant d'appliquer aveuglément un protocole trouvé dans un livre.

2008 Il ne faut pas se limiter à une énumération des aberrations des lentilles. Les objets et leurs images peuvent aussi être étendus. Le jury apprécierait l'étude d'un instrument d'optique. C'est pourquoi, dans la liste 2009, le titre de ce montage est changé

2004, 2005, 2007 Ce montage ne se résume pas à un catalogue exhaustif des aberrations des lentilles.

INTERFERENCES LUMINEUSES

Ce montage semble classique mais les remarques du Jury laissent à penser qu'il ne faut pas négliger les problèmes de cohérence. La principale difficulté du montage est la maîtrise du Michelson et la compréhension des différentes techniques de projection suivant qu'on est en anneaux ou en coin d'air.

Expérience d'introduction

§1.1 et 1.2 avec anneaux de Newton

Dispositif à division d'amplitude : **Bi fentes d'Young**

§ 2.1 : exploitation quantitative de la figure avec une Camera CCD. Problèmes de cohérence spatiale ; application à la mesure de la largeur angulaire d'une source ou de l'écart angulaire entre deux sources (§ 2.1.2 et Sextant, p. 176).

Application possible : mesure de la taille des pixels d'un smartphone

Dispositifs à division du front d'onde

Michelson en anneaux

Insensibilité à la cohérence spatiale → § 2.3

Application : mesure de λ_{moy} de la raie verte du mercure (enregistrement possible) et **estimation du $\Delta\lambda$ de cette radiation** (§ 3.2.2). On peut aussi regarder l'influence de la pression.

Michelson en coin d'air

Sensibilité à la cohérence spatiale → § 2.2.1 si on

est à l'aise car manip assez technique !

Application : estimation de la longueur de cohérence de la lumière blanche (manip sympa mais assez technique elle aussi).

Problème de polarisation → § 4.2

Rapports

2017 Les connaissances théoriques sur les cohérences spatiale et temporelle doivent être reliées aux observations expérimentales. Enfin, il est judicieux de réaliser des expériences simples avant de se lancer dans des expériences sur les notions de cohérence.

2015, 2016 Interférences lumineuses : **Il n'est pas raisonnable d'envisager d'apprendre à régler un interféromètre de Michelson devant le jury**. Par ailleurs, les connaissances théoriques sur les cohérences spatiale et temporelle doivent être reliées aux observations expérimentales. Enfin, **il est judicieux de réaliser des expériences simples avant de se lancer dans des expériences sur les notions de cohérence**.

2014 Interférences lumineuses : Certains candidats ne font pas le rapport entre leurs connaissances théoriques sur les cohérences spatiale et temporelle, et leurs observations expérimentales. Il en résulte alors des montages mal réglés ou mal utilisés. Pourtant **ce montage peut fournir des résultats quantitatifs précis**. Il est en particulier intéressant de se placer dans des cas limites où la cohérence spatiale ou la cohérence temporelle peuvent être étudiées indépendamment. Enfin, il n'est pas raisonnable d'envisager d'apprendre à régler un interféromètre de Michelson devant le jury.

2010, 2011, 2013 Interférences lumineuses ; conditions d'obtention : Trop de candidats ne font pas le rapport entre leurs connaissances théoriques sur les cohérences spatiale et temporelle, et leurs observations expérimentales. Il en résulte souvent des montages mal réglés ou mal utilisés. Pourtant ce montage peut fournir des résultats quantitatifs précis. **Il est en particulier intéressant de se placer dans des cas limites où la cohérence spatiale ou la cohérence temporelle peuvent être étudiée indépendamment**.

2012 Interférences lumineuses ; conditions d'obtention : Les dispositifs d'interférences sont très divers. En **choisir deux biens maîtrisés permet des présentations de qualité** sur les cohérences spatiale et temporelle, et une analyse du lien entre les considérations théoriques et les observations expérimentales. Des montages bien réglés et bien utilisés fournissent des résultats quantitatifs précis si le candidat s'y prend bien. **Il ne faut pas confondre les annulations périodiques de contraste obtenues avec un doublet** (souvent le doublet jaune du sodium) **et la teinte plate de fin de cohérence temporelle** due à une trop grande différence de marche. **Les battements** de contraste donnent des informations sur l'écart de longueurs d'onde entre les 2 raies du doublet, mais **ne donnent pas d'information sur la longueur de cohérence de la source lumineuse**.

1997 Cohérence spatiale et temporelle des ondes lumineuses : **Pour illustrer la cohérence temporelle, il est maladroit de mesurer l'écart d'un doublet. Il convient plutôt d'illustrer cette notion à partir de la largeur d'une raie**.

DIFFRACTION DES ONDES LUMINEUSES

Différence Fraunhofer/Fresnel

§ I.1

Diffraction par une fente

Quantitatif → § I.2 (manip possible en lumière blanche)

Application possible :

Mesure du diamètre d'un cheveu. Comparaison par mesure au palmer et/ou grandissement

Diffraction par un motif répété régulièrement

§ II.1 (bifente) ou II.2.1 ou diffraction par écran

de smartphone (dalle IPS de l'Iphone)

Diffraction par un motif répété aléatoirement

§ III.3 Spores de lycopodes en lumière blanche.

Comparaison par une mesure par grandissement

On peut ensuite choisir ensuite un des deux thèmes suivants (la théorie sur le pouvoir séparateur est peut-être plus simple (cf. remarque du jury sur le filtrage spatial))

Influence sur le pouvoir séparateur

→ § IV.1

Filtrage des fréquences spatiales

→ § IV.2.1 ou IV.2.2 ou IV.2.3 ou IV.2.4 application

possible : Nettoyage d'un faisceau laser

Rapports

2017 Ce montage a parfois été très bien présenté. Une condition nécessaire est de connaître la différence entre diffraction de Fraunhofer et diffraction de Fresnel, et on doit s'assurer que les conditions de Fraunhofer sont remplies si l'on utilise les formules associées. La détermination de la taille d'un fil ou d'un cheveu est d'autant plus intéressante que la valeur mesurée peut être comparée à une valeur tabulée ou mesurée par une technique complémentaire. Le jury voit trop souvent des expériences de diffraction par des fentes, généralement mal calibrées, servir à mesurer des longueurs d'ondes de lasers !

2015 2016 La différence entre diffraction de Fraunhofer et diffraction de Fresnel doit être connue, et on doit s'assurer que les conditions de Fraunhofer sont remplies si l'on utilise les formules associées. Attention aux expériences de filtrage spatial qui sont souvent mal comprises. La détermination de la taille d'un fil ou d'un cheveu est d'autant plus intéressante que la valeur mesurée peut être comparée à une valeur tabulée ou mesurée par une technique complémentaire. Le jury voit trop souvent des expériences de diffraction par des fentes, généralement mal calibrées, servir à mesurer des longueurs d'ondes de lasers !

2014 Diffraction des ondes lumineuses : La différence entre diffraction de Fraunhofer et diffraction de Fresnel doit être connue, et l'on doit s'assurer que les conditions de Fraunhofer sont remplies si l'on utilise les formules associées. Attention aux expériences de filtrage spatial qui sont souvent mal comprises.

2010, 2011, 2012, 2013 La différence entre diffraction de Fraunhofer et diffraction de Fresnel doit être connue, et l'on doit s'assurer que les conditions de Fraunhofer (tant sur l'onde incidente que sur le plan d'observation) sont remplies si l'on utilise les formules associées. Rappelons que les phénomènes de diffraction peuvent s'observer avec d'autres sources lumineuses que des lasers, dont le « speckle » peut parfois nuire à la précision des mesures.

2009 Diffraction des ondes lumineuses : La diffraction de Fraunhofer est souvent évoquée sans que ses conditions d'obtention soient bien connues. Rappelons que les phénomènes de diffraction peuvent s'observer avec d'autres sources lumineuses que des lasers.

2008 Diffraction des ondes lumineuses : Dans toute expérience d'optique, les figures sont de bien meilleure qualité quand les appareils sont convenablement alignés. Ce fut tout particulièrement le cas pour ce montage.

SPECTROMETRIE OPTIQUE

Le topo actuel de rennes sur ce sujet est assez ancien. Il s'intéresse plutôt à l'étude des systèmes dispersifs au début avec des mesures souvent imprécises sur le prisme à l'aide d'une règle. Il faut améliorer les choses compte tenu des remarques du jury que voici :

2015, 2016, 2017 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacée avec l'ordinateur, son principe de fonctionnement et ses caractéristiques d'utilisation, en particulier son pouvoir de résolution, doivent être connus. S'il souhaite utiliser un réseau en incidence normale, le candidat doit s'assurer de la réalisation expérimentale correcte de cette incidence particulière.

2014 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacée avec l'ordinateur, son principe de fonctionnement et ses caractéristiques d'utilisation, en particulier son pouvoir de résolution, doivent être connus. **Dans le cas où un candidat souhaite utiliser un spectromètre qu'il a réalisé lui-même, il est rappelé que la mesure des angles au goniomètre est bien plus précise que le simple pointé avec une règle sur un écran** ; en outre, s'il souhaite utiliser un réseau en incidence normale, le candidat doit s'assurer de la réalisation expérimentale correcte de cette incidence particulière.

2013 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interface avec l'ordinateur, son principe et sa manipulation doivent être connus. Le prisme à vision directe doit être réservé aux observations qualitatives. Enfin, le pouvoir de résolution des appareils doit être connu et leurs limitations discutées. Dans le cas où un candidat souhaite utiliser un spectromètre qu'il a réalisé lui-même, il est rappelé que la mesure des angles au goniomètre est bien plus précise que le simple pointé avec une règle sur un écran.

2009, 2011, 2012 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interface avec l'ordinateur, son principe, sa manipulation et sa résolution doivent être connus. Le prisme à vision directe doit être réservé aux observations qualitatives.

2010 Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe et sa manipulation doivent être connus. Le prisme à vision directe doit être réservé aux observations qualitatives. Enfin, le pouvoir de résolution des appareils doit être connu et leurs limitations discutées. Dans le cas où un candidat souhaite utiliser un spectromètre qu'il a réalisé lui-même, il est rappelé que la mesure des angles au goniomètre est bien plus précise qu'avec une règle sur un écran.

Les dernières présentations à l'ancienne comme dans le topo n'étant pas convaincantes, j'avais proposé en correction d'utiliser plutôt un goniomètre pour mesurer une longueur d'onde. On avait revu ça ensemble en fin d'année lors des révisions en regardant comment utiliser cet appareil en s'appuyant sur le topo de l'ENS (regarder la page 6 et suivantes) pour mieux coller aux remarques du jury. Les étudiants avaient été convaincus et bien leur en a pris car il y en a un qui est tombé sur ce sujet à l'oral (Vianney Saint Raymond) et il a eu 16 en présentant le goniomètre (cf. son compte rendu d'oral ci-dessous). Je pense qu'il faut donc mieux laisser tomber l'étude imprécise des systèmes dispersifs comme on le faisait jusqu'à maintenant et plutôt prendre sur le goniomètre (avec une étude de la série de balmer de l'hydrogène par exemple) + Michelson pour ce montage en s'aidant du poly de l'ENS avec éventuellement une dernière partie sur le problème de résolution d'un spectro fibré ou de type jobin yvon (j'ai des docs pour ça mais en version papier). Concernant le spectre de l'hydrogène, il y a des infos intéressantes dans le fruchard/ le diffon (bouquin de manip de l'ENS cachan)

Compte rendu de Vianney saint Raymond sur son montage :

Bonjour,

En montage (spectrométrie optique) j'ai eu 16, les deux manips sur le gonio m'ont rapporté la majorité des points, le jury m'a dit que là-dessus il n'y avait rien à redire (du point de vue manip et pédagogie, c'était un sujet que je maîtrisais). En revanche pour eux le doublet du sodium c'est une manip un peu trop simple (ils préfèrent la raie verte du mercure), ils ont trouvé que j'avais mal réglé le Michelson pour le doublet du sodium, d'après eux la compensatrice était mal réglée (???) ce qui serait à l'origine de l'asymétrie des brouillages, bon je ne suis pas convaincu pour moi c'était le

Michelson de Lyon qui se dérèglait, la lentille à 1.4 mètres ils n'ont pas compris non plus et moi non plus. De toute façon j'étais passé trop vite sur le Michelson, et je n'avais pas eu le temps de parler des incertitudes. Donc au final je m'en suis très bien sorti grâce au montage (merci Philippe !!!!).

PRODUCTION MESURE CHAMP MAGNETIQUE

30 minutes de présentation → faire des choix. Le jury conseille différents ordres de grandeurs → peut être faire l'électroaimant (champ fort et utilisation possible du fluxmètre) et faire un choix entre les bobines de Helmutz (exploitation plus compliquée) et le champ créé par une bobine (champ faible) avec l'application à BHT (champ très faible)

Appareils de mesure

Cotton, Fluxmètre, Hall → § 1.4. **On conseille surtout le fluxmètre et Hall**

Fluxmètre → Quaranta IV, p. 90-98 et 192 et Quaranta III, p. 232 : intérêt → mesure de B à l'intérieur d'un matériau.

Rem : si les mesures sur les bobines ne recoupent pas les valeurs attendues, c'est que le teslamètre utilisé a probablement un défaut d'étalonnage (assez fréquent avec les vieux appareils). Si ça vous arrive à l'oral, vous pouvez vérifier l'étalonnage de l'appareil en faisant une étude au centre d'un solénoïde long en fonction du courant avec l'hypothèse du solénoïde infini pour voir si c'est un écart constant ou une erreur proportionnelle à la mesure → ça peut être un moyen de se démarquer.

Champ créé par une bobine (champ faible)

§ 2.1

Application à la mesure de B_{HT} (champ très faible)

§ 2.2, Quaranta IV, p. 68 et 226

Berty fagot Martin : Tome I, p. 263

Bobines Helmholtz

§ 2.3, Quaranta IV, p. 268-269 et 273-275 ou Berty fagot Martin : Tome I, p. 227 à 235

Parlez des applications possibles, et lorsqu'on les branche en inverse

Electroaimant

§ 3.2 Intérêt : permet de produire des champs forts et on peut se servir du fluxmètre pour changer de la sonde à effet Hall (cf remarque du jury). On peut utiliser un fluxmètre à intégration numérique.

Mesure en alternatif : § 7.3

Application possible

Principe d'une pince ampère métrique (demander à l'enseignant).

Rapports

2017 La mesure de champs de différents ordres de grandeur peut être intéressante. L'utilisation d'un électro-aimant nécessite de savoir justifier le choix des pièces polaires, les non-linéarités champ-courant.

2014, 2015, 2016 Production et mesure de champs magnétiques : La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. D'autre part, les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électro-aimant.

2013 Production et mesure de champs magnétiques : La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. Trop de candidats ignorent son principe de fonctionnement. D'autre part, les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électro-aimant. L'étalonnage de l'électroaimant permet cependant une étude quantitative.

2012 Production et mesure de champs magnétiques : Cette année encore, l'utilisation de la sonde à effet Hall a été mieux maîtrisée et les expériences présentées plus variées. Les différentes stratégies de production de champ magnétique peuvent être mises en regard des applications éventuelles.

2010 Production et mesure de champs magnétiques : La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. Trop de candidats ignorent son principe de fonctionnement. D'autre part, les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électro-aimant...

2009 Production et mesure de champs magnétiques : La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. Trop de candidats ignorent son principe de fonctionnement.

2007, 2008 Production et mesure de champs magnétiques : Il est nécessaire de bien maîtriser le maniement de la sonde à effet Hall et pour cela connaître son principe de fonctionnement

2006 Production et mesure de champs magnétiques : Cette étude ne doit pas se limiter aux champs de l'ordre du milli tesla. Par ailleurs, les solénoïdes disponibles dans la collection ne sont pas de longueur infinie.

2005 L'ordre de grandeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre doit être connu. Il en est de même de l'existence d'un décalage systématique du zéro d'une sonde à effet Hall également.

MILIEUX MAGNETIQUES

Attention aux résistances de faibles valeurs !! Attention à la fixation des pièces polaires

Dia, par, ferro

Quaranta IV, p. 140 ou § 5.2 topo (ou avec pièces tronconiques)

Mesure χ FeCl₃

Important car mesure quantitative et on fait autre chose que du ferromagnétique
Quaranta IV, p. 341 ou § 6.2 topo

Milieux ferromagnétiques

Qualitatif : Quaranta IV, p. 113

Première aimantation : Quaranta IV, p. 185 ou § 7.2 topo

Hystérésis : Quaranta IV, p. 491 ou § 7.3.1 topo (manip sympa mais délicate)

Barkausen : Quaranta IV, p. 188 ou § 7.4 topo

Influence T : Quaranta II, p. 215 ou § 7.5 topo

Supraconducteur

§ 8 topo (pas de référence)

Applications

Cf. topo → manip au choix.

Principe d'une pince ampère métrique sympa (demander à l'enseignant).

Force portante électroaimant → Quaranta IV, p. 151

Manip avec azote liquide (dioxygène, supra) → les faire pendant le montage transition de phase. On ne peut faire que du qualitatif à Rennes

Rapports

2017 Il n'est pas souhaitable de se limiter aux milieux ferromagnétiques. Dans l'expérience de mesure de la susceptibilité paramagnétique du chlorure de fer (III), le mécanisme de montée, ainsi que la position du ménisque dans l'entrefer de l'électroaimant doivent pouvoir être justifiés par les candidats.

2010, 2013, 2014, 2015, 2016 Milieux magnétiques : Ne pas se limiter aux milieux ferromagnétiques. L'étude du transformateur est marginale dans ce montage.

2011, 2012 Milieux magnétiques : Ne pas se limiter aux milieux ferromagnétiques. L'étude exhaustive du transformateur n'a pas sa place dans ce montage ; cet appareil n'a d'intérêt que dans la mise en évidence des propriétés des ferromagnétiques.

2008 Milieux magnétiques : L'effet Meissner ne se résume pas à une « expulsion de ligne de champ ». Les grandeurs mesurées, telles que les champs rémanent et coercitif, doivent être comparées et/ou commentées.

2007 Milieux magnétiques : Il faut pouvoir justifier la forme des pièces polaires de l'électro-aimant choisi.

2006 Milieux magnétiques : Dans la mesure de la hauteur d'ascension du FeCl₃, l'évaluation du champ B doit être menée avec précision.

METAUX

Propriétés électriques

Mesure de la conductivité électrique avec le fil de cuivre de 3 m par la méthode 4 fils

Dépendance en température : plonger un fil fin dans un bain thermostaté et mesurer sa résistance en 4 fils pour montrer qu'elle augmente avec la température (différence fondamentale avec les semi-conducteurs). Modélisation possible de la résistivité une loi affine $V(T) = V(T_0)[1 + \alpha(T - T_0)]$ dans une gamme restreinte de température (loi de Matthiessen). Le coefficient de température α est donné dans le Handbook.

Concentration en porteurs

→ § 3.1.3 (manip délicate). En déduire la mobilité

Propriétés thermiques

Mesure λ_{Cu} par comparaison avec le dural (cf. montage transport). Comparer à la valeur tabulée pour le cuivre et aux autres ord de conductivité thermique (gaz, liquides, semi-conducteurs)

Loi de Weidemann Franz

On vient de montrer que les métaux sont à la fois des bons conducteurs thermiques et électriques. Normal car ce sont à chaque fois les électrons qui assurent cette conduction. Ces 2 phénomènes sont reliés par la loi de Weidemann-Franz (la vérifier).

Propriétés mécaniques : mesure d'un module d'Young

Deux manipulations possibles

Mesure de la flèche d'une poutre soumise à une masse (manip Denis) → cf Bruhat Mécanique

Mesure de la masse critique lors du ralentissement critique pour le flambage d'une poutre → § V.I du montage phénomènes non linéaire. $M_c = k/gL$ avec $k = \pi^2 EI/4L$

Rapports

2017 Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux. L'étude de caractéristiques mécaniques, par exemple, nécessite une mise en perspective par rapport aux propriétés équivalentes d'autres matériaux.

Notons que pour les mesures de résistance, le principe et l'intérêt d'un montage quatre fils doivent être connus : il subsiste une confusion chez de nombreux candidats entre ce montage à quatre fils et la distinction entre courte et longue dérivation. Un montage à quatre points n'a pas pour but de seulement s'affranchir de la résistance des fils, contrairement à ce que pensent de nombreux candidats.

2010 2013 2014, 2015, 2016 Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux. L'étude de caractéristiques mécaniques, par exemple, nécessite une mise en perspective par rapport aux propriétés équivalentes d'autres matériaux. Notons que pour les mesures de résistance, le principe et l'intérêt d'un montage quatre fils doivent être connus.

2012 Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux (conductivités thermiques et électriques, élasticité...), et leurs liens éventuels. Les mesures doivent être particulièrement soignées. Il est intéressant de montrer la spécificité des valeurs obtenues.

2011 Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux. Les expériences présentées se réduisent souvent aux conductivités thermiques et électriques.

2009 La mesure de la conductivité thermique d'un métal par sa réponse en température à une excitation alternative a posé problème à de nombreux candidats par suite de l'analyse des mesures à l'aide d'une loi non valide avec les conditions aux limites concernées. Le régime permanent implicitement mis en jeu doit être précisé, de même que son temps d'établissement.

2008 La mesure de la conductivité thermique d'un métal par sa réponse en température en régime variable a posé des

problèmes à de nombreux candidats. Les études menées en régime permanent sont plus simples et ont donné de meilleurs résultats.

MATERIAUX SEMI CONDUCTEURS

Propriétés transport T_{ambiante}

Résistivité \rightarrow § 4.1.1
 Concentration en porteurs \rightarrow § 4.1.2

} \rightarrow Dédire mobilité

Comportement en température

$R = f(T) \rightarrow$ Gap \rightarrow 4.2.1 avec une Webcam

$U_H = f(T) \rightarrow$ 4.4.2

Effet thermoélectrique \rightarrow 4.3 Comparer à un métal

La détermination du Gap avec un échantillon dopé est délicate car il faut aller très haut en température pour vraiment être dans le régime intrinsèque \rightarrow on peut à la place étudier une thermistance CTN. Ce n'est pas un SC classique mais on peut vérifier les résultats obtenus avec une datasheet (cf. remarque du jury)

Propriétés optiques

Absorption Optique \rightarrow 4.4.1 avec Spectro Ovio

Photoconductivité \rightarrow 4.4.2 et Fruchart Le Diffon page 175

Rem : B sort par le rouge d'une boussole

2014, 2015, 2016, 2017 La variété des matériaux semi-conducteurs fait qu'il est parfois difficile de savoir quel est le matériau utilisé dans un composant commercial, ou quel est le dopage dans certaines plaquettes. Les candidats mesurent alors des propriétés sans pouvoir les comparer à quoi que ce soit. Il vaut donc mieux utiliser des composants de caractéristiques connues. Par ailleurs, il est essentiel de connaître quelques ordres de grandeur, en particulier celui de l'énergie de gap et de la densité de porteurs.

2010 2011 2012 2013 La variété des matériaux semi-conducteurs fait qu'il est parfois difficile de savoir quel est le matériau utilise dans un composant commercial, ou quel est le dopage dans certaines plaquettes. Les candidats mesurent alors des propriétés sans pouvoir les comparer à quoi que ce soit. Il vaut donc mieux utiliser des composants de caractéristiques connues.

2008 Il est essentiel de savoir différencier les régimes de conduction intrinsèque et extrinsèque.

2002 Ce montage est volontiers choisi par les candidats qui sont vraisemblablement rassurés par l'existence de « plaquettes » permettant la détermination par mesure de conductivité et tension Hall des caractéristiques essentielles d'un matériau semi-conducteur extrinsèque ou intrinsèque. Il est regrettable que le signe des porteurs ne soit que très rarement déterminé. Il serait raisonnable de ne pas se limiter à l'étude de la dite plaquette et de présenter au moins une application.

2000 Il est important de distinguer matériaux dopés et semi-conducteurs intrinsèques.

EFFETS CAPACITIFS

Centrer le montage sur l'effet capacitif et les effets capacitifs apparaissant dans certains composants.

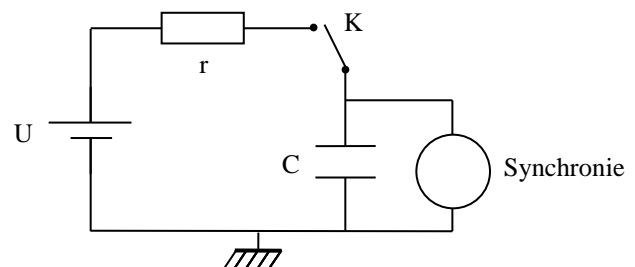
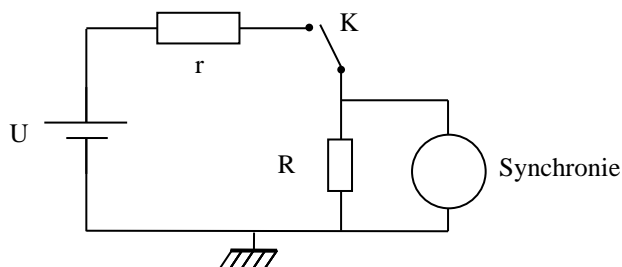
L'effet capacitif

Les condensateurs sont des armatures métalliques séparées par un isolant (diélectrique). La conséquence première de cet arrangement est la possibilité de condenser des charges sur les armatures par influence électrostatique : c'est l'effet capacitif.

Manip d'introduction

Très facultatif. Ça doit être rapide et simple à monter si on en présente une.

Une manip plus simple que celle du § I.1 consiste à appliquer (via une résistance r) une tension U à un condensateur pour montrer les différences avec le comportement d'une résistance R . On propose la manip avec synchronie mais on peut prendre un voltmètre si on veut faire encore plus simple (on montre juste le régime permanent dans ce cas) :



Prendre une durée d'acquisition suffisamment longue pour pouvoir fermer et ouvrir K pendant l'enregistrement et prendre une constante de temps $\tau = rC \approx 10$ fois plus faible que la durée d'acquisition ($r = 100 \text{ k}\Omega$ et $C = 5 \text{ F}$ par exemple).

Comportement d'une résistance R :

Il apparaît instantanément une tension U' aux bornes de R qui n'est pas égale à U (U' dépend du rapport $R/(r + R)$). Cette tension U' disparaît instantanément lorsqu'on ouvre K .

Comportement d'une capacité C :

La tension aux bornes du condensateur ne se stabilise pas tout de suite, elle tend vers U et cette tension se maintient une fois qu'on ouvre l'interrupteur → Lorsqu'on lui applique une tension U , le condensateur semble accumuler des charges Q à ses bornes qu'il conserve ensuite si on débranche l'alimentation.

Charge accumulée par un condensateur

→ § I.2

Montrer de quoi dépend Q : mesurer Q_1 pour une tension U_1 , mesurer Q_2 pour une tension U_2 double → vérifier que $Q_2/Q_1 = U_2/U_1$ → conclusion : $Q_{\text{accumulé}}$ semble proportionnel à U . Le confirmer en traçant une courbe $Q = f(U)$. Le paramètre de proportionnalité correspond à la capacité (puisque ça chiffre l'aptitude à accumuler des charges sous une tension donnée)

On peut aussi vérifier que l'énergie emmagasinée par le condensateur vaut $\frac{1}{2} CU^2$ en mesurant l'énergie dissipée dans la résistance (il suffit d'intégrer Ri^2)

Effets capacitifs dans des appareils ou des composants

On peut traiter le cas d'un appareil (cf. III.1), d'une bobine (cf. III.2.2), d'une photodiode (cf. III.3 et montage photorécepteur) ou d'un câble coaxial (III.4).

L'effet capacitif dans un câble coaxial peut aussi être montré sur la manip de la photodiode → on peut présenter l'influence d'un câble coaxial sur les résultats de cette manip et en déduire la capacité parasite du câble coaxial. Si on n'est pas à l'aise avec la photodiode, présenter la bobine et la manip du câble coaxial.

Rapports

2016 Le montage ne se résume pas à l'étude du circuit RC. Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. Le jury constate que l'étude de la propagation d'une impulsion dans un câble coaxial est, à juste titre, souvent proposée dans ce montage, mais que les propriétés physiques de ce phénomène sont souvent mal maîtrisées.

2015 Effets capacitifs : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. Le jury constate que l'étude de la propagation d'une impulsion dans un câble coaxial est, à juste titre, souvent proposée dans ce montage, mais que les propriétés physiques de ce phénomène sont souvent mal maîtrisées.

2014 Effets capacitifs : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation ; il est souhaitable que les candidats ne se limitent pas à l'étude du condensateur d'Aepinus et au circuit R-C. Le jury constate que l'étude de la propagation d'une impulsion dans un câble coaxial est, à juste titre, souvent proposée dans ce montage, mais que les propriétés physiques de ce phénomène sont souvent mal maîtrisées.

2010 2013 Effets capacitifs. Applications : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. Il est dommage que les candidats se limitent le plus souvent à l'étude du condensateur d'Aepinus et à celle d'un circuit R-C.

2011 2012 Condensateurs et effets capacitifs. Applications : Les expériences ne se réduisent pas à celle du circuit RC ou du condensateur modèle.

2009 Condensateurs ; effets capacitifs : Le stockage d'énergie n'est pas typique des effets capacitifs. L'intitulé de ce montage change en 2010 ; il devient « Condensateurs ; effets capacitifs. Applications » afin d'agrandir le champ d'études.

2007 Condensateurs et effets capacitifs. Le principe de fonctionnement d'un capacimètre doit être connu. Les mesures ne doivent pas se limiter à l'étude du condensateur d'Aepinus ou à des mesures de capacité : les effets capacitifs de certains composants peuvent être abordés.

Remarque : expression de la capacité d'un câble coaxial

La capacité linéique d'un câble coaxial est celle d'un condensateur cylindrique. Elle vaut par conséquent : $C_1 = 2\pi\epsilon/\ln(R_2/R_1)$. On peut estimer la valeur de C en mesurant le diamètre du conducteur central (0,9 mm de diamètre pour le coax de 50 Ω) et de la tresse (4 mm de diamètre typiquement) mais il faut le ϵ_r de l'isolant (du polyéthylène en général). L'indice de réfraction du polyéthylène vaut 1,54. Si on suppose le milieu non magnétique, on a $\mu_r \approx 1 \rightarrow n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \approx \sqrt{\epsilon_r} \rightarrow \epsilon_r \approx 2,37$. Si on prend cette valeur, on trouve typiquement 90 pF. Le problème, c'est que l'indice n est donné pour le visible, donc à des fréquences bien différentes de celles utilisées en électronique.

INDUCTION AUTO INDUCTION

Phénomènes inductifs

C'est l'analogie magnétique de l'effet capacitif. La capacité mesure l'aptitude d'un système à accumuler de l'énergie électrique sous l'action de charges en influence mutuelle. L'inductance mesure celle d'un système à accumuler de l'énergie magnétique sous l'action d'un flux magnétique variable dans le temps.

Précautions à respecter !!

RI !!!!!

Attention aux résistances faibles → résistances de puissance dans ce cas. Penser à $U =$

Couper progressivement les alimentations dans ce montage pour éviter des di/dt forts

Induction

Mise en évidence → § II.1.2 et II.1.3 manip simple mais délicate à présenter

Loi $e = -M di/dt$ → On conseille la II.2 (plus visuelle mais attention aux remarques du jury).

Quelle que soit la manip, en déduire M (cf. rapport Jury).

Auto induction

Mise en évidence → § III.1.1 ou III.1.2 ou III.1.3

Loi $e = -L di/dt$ → On conseille la III.2.1 (plus simple à mettre en œuvre et peut servir à mettre en évidence l'énergie stockée)

Energie stockée → § III.3 (on peut aussi utiliser Synchronie)

Impédance Bobine → § III.3.4 à titre informatif

Applications

Plusieurs choix possibles. Celle du fluxmètre (cf. montage mesure de champs magnétiques) sert aussi dans le montage « mesure de B » → rentable. Lissage d'un courant bien aussi car beaucoup d'applications de l'induction sont dans le domaine de la puissance. On peut aussi penser au transformateur (cf. remarque du jury 2016).

Choisir entre une application et la manip sur l'énergie stockée

Rapports

2017 Les notions d'induction, auto-induction, induction mutuelle sont souvent mal comprises rendant l'interprétation délicate de certains résultats.

2016 Lors de ce montage, trop de candidats abusent des expériences qualitatives et transforment la séance en une série d'expériences de cours sur l'induction et obtiennent de ce fait une note médiocre. Les mesures ne doivent pas se résumer à l'étude d'un circuit RL. Par ailleurs, la notion d'inductance mutuelle est souvent mal dégagée, en particulier à cause de mauvais choix dans les composants utilisés et dans la fréquence d'excitation. Le transformateur aurait sa place dans ce montage.

2014, 2015 Induction, auto-induction : Lors de ce montage, trop de candidats abusent des expériences qualitatives et transforment la séance en une série d'expériences de cours sur l'induction et obtiennent de ce fait une note médiocre. Par ailleurs, la notion d'inductance mutuelle est souvent mal dégagée, en particulier à cause de mauvais choix dans les composants utilisés et dans la fréquence d'excitation.

2010, 2013 Induction, auto-induction : La notion d'inductance mutuelle est souvent mal dégagée, par suite en particulier de mauvais choix dans les composants utilisés et dans la fréquence d'excitation.

2011, 2012 Induction, auto-induction : La notion d'inductance mutuelle est souvent oubliée ou mal dégagée, par suite de mauvais choix dans les protocoles expérimentaux.

2009 Induction, auto-induction L'observation subjective d'un retard à l'allumage d'une lampe ne peut être qu'une introduction qualitative du phénomène d'auto-induction qui doit être illustré par des mesures précises et une confrontation entre la mesure et le modèle décrivant le phénomène. L'étude du rendement du transformateur n'a pas sa place dans ce montage.

PRODUCTION ET CONVERSION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Choisir deux conversions parmi les trois. Le hacheur et l'onduleur sont bien adaptés si on présente le panneau photovoltaïque mais le hacheur est un montage assez technique et compliqué à comprendre → Il vaut mieux présenter le transformateur si on a du mal avec le hacheur (il permet en plus un calcul d'incertitude).

PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Cellule photovoltaïque (I.1 avec $D = 50 \text{ cm}$) ou la génératrice (I.2). La thermopile peut être remplacée par le solarimètre qui vient d'être acheté.

HACHEUR (CC CC)

II.1.2 → insuffisance de la charge directe

II.2.2 → Utilisation d'un hacheur et rendement. On peut aussi identifier les pertes dans les différents composants si on est particulièrement à l'aise.

ONDULEUR (DC AC)

III.2. Pilotage possible par multivibrateur

TRANSFORMATEUR (AC AC)

Lois des tensions et courants

IV.2.1 (pas faire trop de mesures). Important : définir un point de fonctionnement nominal (cf. rapport Jury) ! → l'étude du transformateur est bien adaptée pour répondre à ce souhait.

Pertes fer, pertes cuivre

IV.3.1 et IV.3.2

Rendement → IV.4.3 ; faire un calcul d'incertitude sur la relation $P_{\text{primaire}} = P_{\text{secondaire}} + P_{\text{Fer}} + P_{\text{Cuivre}}$

Rapports

2014,2015, 2016 Production et conversion d'énergie électrique : Le principe de fonctionnement des dispositifs utilisés (moteurs, tachymètres, variateurs...) doivent être connus afin que la présentation illustre pleinement le sujet et ne se limite pas à des mesures de rendement. D'autre part, lors de l'étude de dispositifs de production et de conversion d'énergie électrique, la notion de point de fonctionnement nominal est importante ; en particulier, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes. Enfin, les modèles utilisés pour décrire ces dispositifs ne doivent pas être trop simplifiés, au risque d'obtenir des écarts excessifs entre les modèles et les systèmes réels.

2009 2010 2013 Conversion de puissance électrique-électrique : Comme l'an dernier, le jury regrette de ne pas voir plus souvent de réelles mesures de puissance et de rendement, pour des convertisseurs utilisés en régime nominal. Dans ce montage, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes.

2011 2012 Conversion de puissance électrique-électrique : Suite aux remarques des années précédentes l'utilisation du régime nominal de fonctionnement a été plus répandue cette session. Le transformateur n'est pas le seul dispositif pouvant être présenté dans ce montage.

2008 Conversion de puissance électrique-électrique : Le transformateur est souvent utilisé pour les montages 16, 20, 21, 40. Les candidats ignorent généralement l'origine de la loi sur les courants pour le transformateur idéal ainsi que la notion de courant magnétisant. En outre, la visualisation à l'oscilloscope du cycle d'hystérésis est trop souvent assortie d'erreurs de calibration des axes (H, B), conduisant ainsi à des estimations de pertes par mesure d'aires dénuées de sens.

2006 Conversion de puissance électrique-électrique : Ce montage n'est pas souvent choisi. Pourtant les exemples simples ne manquent pas (il faut penser au transformateur, par exemple).

2005 Les hacheurs (même sous la forme série, la plus simple) ne sont pas utilisés pour alimenter les moteurs à courant continu.

AMPLIFICATION

Le jury indique que les montages à AO peuvent être présentés. Néanmoins, les derniers rapports conseillent plutôt les transistors et indiquent qu'on peut s'intéresser aux impédances caractéristiques (pas forcément faciles à mesurer sur les montages à AO) et au rendement (mesure intéressante surtout pour l'étage de puissance). On a donc pris le parti de présenter des montages à transistors mais la pré amplification peut être remplacée par un montage à amplificateur opérationnel si on n'est pas à l'aise avec les transistors.

Nécessité de l'amplification

§ I

Pré amplification

Choix des composants

Connaître le principe

Réglage point de polarisation statique

§ II.2 et II.4 observer les signaux V_{GBF} , V_B , V_E et V_C .

II.5 Etude du gain

Réglage du gain

I.6 : problème de distorsion notamment (cf. remarques du Jury)

Signal issu d'un GBF de \approx même amplitude que le signal délivré par le micro. Se fixer un taux de distorsion maximum admissible en sortie \rightarrow ajuster la capacité de découplage pour augmenter le gain jusqu'à atteindre cette limite.

Impédance de sortie

II 2.7 (important pour le jury)

Amplification de puissance

Montage push pull (cf. Duffait, p. 129 ou Quaranta, p. 381)

III.2

Distorsion de croisement ; amélioration possible avec AO

III.3

Rendement

III.5 On peut aussi estimer son impédance de sortie

Montage global

Pour le fun. Montage pas nécessaire

Rapports :

2017 L'amplificateur opérationnel (AO) permet l'étude de systèmes d'amplification dans le contexte de l'instrumentation, dont l'étude peut être envisagée dans ce montage. Ce dernier comporte néanmoins de nombreux circuits internes de compensation, résultant en des limitations techniques qu'il faut connaître ; ainsi si l'étude de circuits à AO pour l'amplification de signaux peut être abordée dans ce montage, d'autres circuits simples à bases de transistor(s) peuvent être également envisagés. D'autre part, de nombreux aspects des amplificateurs sont éludés, comme la distorsion, les impédances caractéristiques et le rendement.

2015 2016 Amplification de signaux : L'amplificateur opérationnel, comportant de nombreux circuits internes de compensation, n'est pas l'objet idéal pour aborder ce montage. On peut, au contraire, envisager des circuits simples à base de transistor(s). D'autre part, de nombreux aspects des amplificateurs sont éludés, comme la distorsion, les impédances caractéristiques et le rendement.

2010 2011 2013, 2014 Amplification de signaux : Il y a de trop nombreux aspects des amplificateurs qui sont éludés : distorsion, impédance, rendement, en particulier. D'autre part, l'amplificateur opérationnel, comportant de nombreux circuits internes de compensation, n'est pas l'objet idéal pour aborder ce montage. Un circuit simple à transistors pourrait être plus illustratif.

2012 Amplification de signaux : De nombreux aspects des amplificateurs sont éludés : distorsion, impédance, rendement, en particulier.

2009 Amplification de signaux : Les notions d'impédance et de rendement sont trop souvent éludées.

2008 Amplification de signaux : La limite de linéarité de l'amplificateur opérationnel n'a pas pour seule origine la saturation en tension.

MISE EN FORME, TRANSPORT ET DETECTION DE L'INFORMATION

Modulation d'amplitude

Ne pas faire que ça !!

Production → § I.3.1 (multiplieur) ou 1.3.2 (diode) → avantages inconvénients de chaque méthode. Mesure de m par deux méthodes (temporelle et spectrale). La méthode par multiplieur est préférable pour la suite.

Démodulation → § I.5.1 (plus simple) ou I.5.2 (mieux, il existe un module Pierron tout fait qu'on peut envoyer à l'oral, mais plus délicat)

Modulation de fréquence

Intéressante (les PLL servent dans les systèmes modernes des telecom) mais plus délicate

→ Pour les gens à l'aise

Production → § II.2.2

Démodulation → § II.3.1 et II.3.2 application à la modulation FSK (répond au souhait du jury)

Une autre méthode est aussi possible (par transfert modulation fréquence → modulation d'amplitude) → cf. Duffait ou Quaranta

Transport

Par fibre optique

Manip simple mais qualitative (production → III.1 ; Transmission → III.2)

Transport aérien → § I.4 avec uniquement la porteuse. Calcul d'incertitude possible sur la fréquence d'accord du filtre

2017 Mise en forme, transport et détection de l'information : La transmission de signaux numériques n'est malheureusement jamais abordée.

2013, 2014, 2015, 2016 Mise en forme, transport et détection de l'information : Ce montage ne se restreint pas à la modulation d'amplitude. Il semble en particulier important d'aborder le cas des signaux numériques modernes. Dans le cas de la démodulation synchrone, le problème de la récupération de la porteuse est systématiquement passé sous silence.

2012 Mise en forme, transport et détection de l'information : Comme l'indique son titre, ce montage comporte 3 parties d'égale importance ; il se prête bien à la réalisation d'une chaîne complète traitant des 3 aspects. Il est souhaitable de connaître les différentes solutions technologiques employées dans les applications de la vie quotidienne. Ce montage ne doit pas se restreindre à la modulation et démodulation d'amplitude. Dans le cas de la démodulation synchrone, le problème de la récupération de la porteuse doit être soigneusement étudié. Ce montage suppose une connaissance argumentée des choix en radio AM, radio FM, téléphonie mobile... Il convient aussi de se demander comment passer de l'étude élémentaire d'un signal informatif purement sinusoïdal au cas d'une ou plusieurs conversations téléphoniques par exemple. Rappelons enfin l'importance des fibres optiques en télécommunications.

2008 Télécommunication : mise en forme, transport et détection de l'information : Une expérience qualitative de transmission par fibre optique n'a d'intérêt que si elle fait intervenir des dispositifs dont l'un au moins a été étudié par le candidat. Dans la liste 2009, le titre de ce montage est modifié.

1999 Plusieurs candidats ont confondu filtrage et démodulation d'amplitude. Les deux fonctions ont des points communs (en plus, un filtrage est souvent nécessaire après détection) mais présentent des différences. En effet, le filtrage correspond à des phénomènes linéaires: si on envoie la somme de 2 signaux de fréquences différentes sur un filtre, celui-ci réagit en donnant la somme des réponses qu'il fournirait s'il recevait séparément chaque signal, il est entendu que le rapport sortie/entrée varie avec la fréquence. Au contraire, la démodulation n'est pas un phénomène linéaire: la porteuse et le signal modulant ne sont pas additionnés mais le plus souvent multipliés. La fréquence la plus faible est en quelque sorte mieux cachée. La démodulation nécessite une diode de détection qui est un composant non linéaire; c'est une opération plus complexe que le filtrage. Nombreux sont les cas où elle n'a pas pu être réalisée. La démodulation synchrone est trop souvent absente. Le problème de la récupération de la porteuse n'a jamais été évoqué.

Remarque du Jury sur la récupération de la porteuse à relativiser car ils ont reconnu qu'elle était un peu excessive.

SIGNAL ET BRUIT

Principe de l'échantillonneur-bloqueur ; conséquences fréquentielles

§ 1.3.2 Utiliser des GBF numériques de préférence. On peut aussi utiliser le GBF Wavegen présents dans certains oscilloscopes pour générer les pulses de commande.

Numérisation des échantillons

Quantum de conversion et RSB du convertisseur idéal → § 1.3.4 ; noter l'importance d'acquérir un signal avec la pleine échelle.

Filtrage d'un bruit blanc

Théorie un peu nouvelle pour vous mais relativement simple et colle bien aux souhaits du jury.

Caractérisation du générateur de bruit → § III.2.1. Voir si on peut faire un histogramme pour mettre en évidence le caractère gaussien du bruit (cf topo cachan)

Filtrage du bruit → § III.2.5 Cette manip permet de faire un calcul d'incertitude (pas facile dans ce montage). On peut mesurer le bruit pour deux fréquences de coupure du filtre différentes et calculer le rapport B_1/B_2 . Comme B est en racine de la DSP et de la bande passante (limitée ici par le filtre passe bas), on doit avoir $B_1/B_2 = \sqrt{f_{c1}/f_{c2}} = \sqrt{C_2/C_1}$. On peut aussi tracer la courbe du § III.2.5 mais le coefficient directeur obtenu est fonction de la DSP et on ne connaît pas sa valeur exacte même si on peut l'estimer (cf. III.2.3).

Influence du filtrage sur le RSB → § III.2.6

Réduction du bruit par les outils de traitement du signal présents dans les oscilloscopes numériques

§ III.3 : la plus facile en pratique, on traite des fonctions souvent utilisées dans la réalité avec les oscilloscopes numériques, colle bien aux souhaits du jury, mais les principes mis en œuvre réellement ne sont pas aussi simple qu'il y paraît

Rapports

2017 Signal et bruit : La mesure du bruit thermique d'une résistance est une très jolie expérience à la condition de comprendre les différents étages d'amplification nécessaires dans ces expériences. L'utilisation de boîtes noires non justifiée a été sanctionnée par le jury.

2013, 2014, 2015 Acquisition, analyse et traitement des signaux : Les notions d'erreur de quantification et de rapport signal/bruit ne sont pas bien dégagées. Pour la numérisation d'un signal, il faut mettre en évidence le rôle de l'échantillonnage et ses conséquences.

2011, 2012 Acquisition, analyse et traitement des signaux : Les caractéristiques de la numérisation d'un signal ont été mieux illustrées cette année. L'analyse des signaux ne se limite pas à une FFT sur un oscilloscope. L'aspect traitement du signal est trop souvent absent notamment le rapport signal/bruit.

2010 Acquisition, analyse et traitement des signaux : L'étude exhaustive d'un circuit RLC série n'a pas sa place dans ce montage, même si ce circuit peut servir à illustrer la réduction du bruit sur un signal de fréquence donnée. Les notions d'erreur de quantification et de rapport signal/bruit ne sont pas bien dégagées. Pour la numérisation d'un signal, il faut mettre en évidence le rôle de l'échantillonnage et ses conséquences.

2008 Acquisition, analyse et traitement des signaux : La partie « acquisition » est souvent omise.

2004 Les candidats ont très souvent recours à la « périodisation » du signal préalablement à l'analyse de Fourier par certains logiciels. Cette démarche est pour le moins étrange : périodiser suppose connue la période du signal et on peut dès lors s'interroger sur la pertinence de l'analyse de Fourier subséquente. Les candidats perdent du coup de vue le rôle de la durée totale d'enregistrement sur la résolution spectrale associée à la transformée de Fourier.

1999 Au moins pour une partie du montage, le signal que l'on étudie devrait être relié à une grandeur que l'on cherche à mesurer et non fournie par un générateur BF.

MESURE DES FREQUENCES TEMPORELLES

Mesure d'une fréquence unique : Le compteur

Etude d'une base de temps → § II.1.4 → intérêt du comptage puisqu'on a des références de temps très stable

Etude de la stabilité en fréquence d'un GBF analogique (peut servir pour la manip sur l'effet doppler)

Limite du comptage

Problème des signaux bruités ou complexes → § II.3 : on peut juste utiliser additionner deux signaux sinusoïdaux et montrer que le compteur devient inopérant alors qu'une TF bien faite permet de les voir.

Mesure par analyse spectrale (fréquences courantes)

Technique intéressante quand le signal est bruité ou quand le spectre est complexe → montrer la condition à respecter pour que la TF soit bonne (Shannon) et l'influence de la durée d'observation sur la résolution du spectre calculé et l'allure de ce spectre.

Condition sur l'échantillonnage : Critère de Shannon → § III.2 si pas déjà vu avant. Le faire avec un oscilloscope type Agilent DSO 5012 (plus simple)

Influence de la durée d'observation → § III.3 si pas déjà vu avant. Le faire avec synchronie ou latis pro (plus simple).

Mesure par translation de fréquence (haute fréquence)

§ V.1. Manip sympa, recommandée par le jury et on peut faire un calcul d'incertitude. Application aux oscilloscopes THF.

Montrer qu'une mesure par comptage est impossible si on utilise un GBF analogique et une vitesse basse car le décalage en fréquence est alors de l'ordre de grandeur de l'instabilité du GBF

Technique des battements (haute fréquence)

Technique intéressante quand on veut mesurer une fréquence précisément par rapport à une fréquence considérée comme un étalon → cf. manip du quartz dans le topo régime transitoire ou celle des diapasons. Manip redondante avec la précédente → choisir une des deux

Mesure indirecte par λ (très hautes fréquences)

§ IV Les fréquences des ondes cm sont très élevées donc il est plus simple de les mesurer via la longueur d'onde puisque la vitesse de la lumière est une constante fixée conventionnellement.

Rapports

2016, 2017 Le principe de ce montage est de présenter les techniques de mesure de fréquences dans une large gamme. Il ne s'agit pas de réaliser différentes expériences faisant intervenir des phénomènes périodiques et de parvenir à une détermination de fréquence moins précise que celle obtenue avec le fréquencemètre présent sur la paillasse. Ainsi le

jury souhaiterait que le stroboscope ne soit plus utilisé comme fréquencemètre pour l'étude des résonances de la corde de Melde.

2015 Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu) : Le principe de ce montage est de présenter les techniques de mesure de fréquences. Il ne s'agit pas de réaliser différentes expériences faisant intervenir des phénomènes périodiques et de parvenir à une détermination de fréquence moins précise que celle obtenue avec le fréquencemètre présent sur la paillasse.

2014 Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu) : Ce montage ne consiste pas en l'étude d'une succession de phénomènes périodiques à l'aide d'un fréquencemètre commercial, ce qui serait beaucoup trop élémentaire et redondant, mais bien aux techniques de mesure de fréquences.

2010/2013 Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu) : La résolution spectrale lors d'une transformée de Fourier discrète n'est pas toujours connue. Les candidats gagneraient à connaître les méthodes de détermination de fréquence par multiplication (translation) ou hétérodynage.

2011/2012 Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu) : La résolution spectrale lors d'une transformée de Fourier discrète n'est pas toujours connue. Même si un stroboscope présente un intérêt pédagogique, il ne saurait être préféré à un fréquencemètre. Lorsqu'on dispose d'une méthode plus précise, l'utilisation du chronomètre n'est pas recommandée.

2007 Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu) : Le candidat doit avoir un minimum de connaissances sur la fonction FFT des logiciels spécialisés ou des oscilloscopes.

2006 Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclus) : L'étude du principe de la mesure d'une fréquence est attendue. Une mesure de fréquence utilisant la fonction FFT du logiciel « Synchronie » sur un nombre entier mais faible de périodes est peu judicieux.

Remarque :

Sur les oscilloscopes DSO 2002 (les derniers), la résolution de la TF annoncée ne correspond pas à ça mais à :

$$\Delta f_{\text{resol}} = \frac{f_{\text{ech}}/2}{N_{\text{points FFT}}} \quad \text{avec } N_{\text{points FFT}} = 65\,536$$

Avec f_{ech} la fréquence d'échantillonnage affichée en haut à droite. Ça correspond donc à la résolution du spectre sur la fenêtre affichée (comprise entre 0 et $f_{\text{ech}}/2$ pour détecter le repliement) compte tenu du nombre de points sur lequel il calcule la FFT. Ça marche comme ça dès qu'il décime (ce n'est pas tout à fait la même chose aux vitesses d'observation les plus courtes comme avec des calibres de la ns ou là, il peut y avoir un facteur 2). Comme il fait ses observations temporelles sur 50 000 points par voie en mode normal, on peut montrer que le pas de calcul de la TF est alors :

$$\Delta f_{\text{resol}} = \frac{N_{\text{temporel}}}{2 \cdot N_{\text{points FFT}} T_{\text{obs}}}$$

Due au nombre de points (N) :

$$T_{\text{tot}} = N \cdot T_{\text{ech}} = N/f_{\text{ech}}$$

$$\rightarrow N = T_{\text{tot}} f_{\text{ech}} = \frac{1}{\Delta f_{\text{resol}}} f_{\text{ech}} = \frac{2f_{\text{max}}}{\Delta f_{\text{resol}}} \quad \text{d'après Shannon}$$

→ Pour avoir à la fois une bonne analyse des HF (pas de repliement) et une bonne résolution, il faut un grand nombre de points. Le nombre de points N définit donc la *dynamique* de l'analyse spectrale (rapport entre fréquence maximale analysée et la résolution)

$$\text{Dynamique} = f_{\text{max}}/\Delta f_{\text{resol}} = N/2$$

MESURE DE LONGUEURS

Mesure de longueurs d'ondes HS (cf. remarques du jury)

Mesure de petites longueurs

→ § II.1 (cheveu ou fil calibré) ou II.2 (lycopodes)

On conseille le cheveu ou le fil car comparaison possible avec palmer et observation au microscope (lycopodes → palmer en moins). Le fil est en plus donné avec une incertitude.

Pour la mesure par diffraction, une technique consiste à utiliser un laser (prendre celui logé dans un tube et avec l'alimentation à clé), le fil, une photodiode polarisée en inverse sur un petit banc d'optique avec une résistance de mesure assez forte, et une observation à l'oscilloscope (prendre une BT assez grande, genre 100 $\mu\text{s}/\text{div}$ et moyenner un peu pour ne pas être gêné par le 50 Hz)

Pour la technique par grossissement avec un microscope utiliser image J pour étalonner les mesures avec une mire

Télémetre

→ § III

Mesure par triangulation

Autre manip possible (à tester)

Mesure d'une distance par luminosité (méthode des chandelles standards) : Ampoule de QI à l'équilibre thermique. Mesure de luminosité par thermopile/solarimètre/puissancemètre ou photodiode sur banc d'optique. Fitter la puissance reçue par $A/(r - B)^2$. Application en astronomie

Rapports

2017 Des mesures de longueurs dans une large gamme sont appréciées et là encore les candidats ne doivent pas se contenter du réglet comme outil de mesure. L'utilisation de mesures utilisant des interférences optiques conduit à des mesures intéressantes dont on pourra discuter la précision par rapport à des mesures plus directes.

2015 2016 Mesure de longueurs : Des mesures de longueurs dans une large gamme sont appréciées et là encore les candidats ne doivent pas se contenter du réglet comme outil de mesure. Par ailleurs, la mesure d'une longueur de cohérence n'a pas en soi sa place dans ce montage.

2014 Mesure de longueurs : Ce montage n'est ni un montage de spectroscopie, ni un montage de focométrie ; en particulier, la mesure de longueurs d'ondes en tant que telle ne semble pas indiquée. On peut en revanche discuter des méthodes de mesure de longueurs adaptées à grande et à petite échelle. Rappelons que des objets micrométriques peuvent être mesurés avec un instrument optique adapté.

2013 Mesure de longueurs : Il est dommage de voir tant de montages à prétention métrologique ou les incertitudes sont très mal gérées. Lors d'utilisation de « boîtes noires », il est indispensable de connaître leur fonctionnement.

2012 Mesure de longueurs : Le jury a pu assister à des montages variés et bien structurés, balayant les diverses échelles de longueurs, de l'infiniment petit à l'infiniment grand. Cependant, les incertitudes, malgré leur importance dans ce montage, sont souvent encore mal gérées et mal hiérarchisées.

2011 Mesure de longueurs : Le jury a pu assister cette année à des montages variés et bien structurés. Cependant, les incertitudes, malgré leur importance dans ce montage, sont souvent très mal gérées et mal hiérarchisées.

2010 Mesure de longueurs : Il est dommage de voir tant de montages à prétention métrologique où les incertitudes sont très mal gérées.

2009 Mesure de longueurs : Il est inutile d'utiliser un interféromètre de Michelson pour déterminer la différence de marche engendrée par une lame de microscope si on cherche à déterminer son épaisseur avec un indice peu précis !

2005 Les appareils de mesure traditionnels (palmer, mètre-ruban) permettent de vérifier les valeurs obtenues par des méthodes dont on cherche à illustrer le principe.

SYSTEMES BOUCLES

Ce montage regroupe deux anciens sujets, asservissements et oscillateurs. *Les deux topos (font plus de 75 pages → On ne peut pas découvrir ça le lundi matin. Il faut absolument les lire avant.*

Quelles manip choisir ?

Regarder le dernier rapport : Ce montage concerne la physique des asservissements et/ ou celle des oscillateurs auto-entretenus. Une maîtrise minimale des montages élémentaires est requise. Un oscillateur à quartz serait le bienvenu, compte tenu de son fort facteur de qualité.

→ Un oscillateur à quartz serait le bienvenu et le « et/ou » implique qu'on n'est pas obligé de traiter les deux aspects. Ça peut arranger ceux qui ne maîtrisent pas les asservissements mais, d'un autre côté, c'est l'occasion d'aborder un sujet inconnu, qui peut tomber aux écrits et qui permet notamment de voir les ampli op sous un nouveau jour. D'où mon conseil pour les TP : faire un système bouclé stable (moteur ou ampli) et un instable (Wien ou quartz). Pour le système bouclé stable, l'amplificateur est le plus simple. Pour l'instable, le quartz est préférable.

INFLUENCE DU BOUCLAGE SUR UN MODELE D'AMPLIFICATEUR

Etude de la chaîne directe

Pas le cœur du sujet → Donner simplement les caractéristiques du montage (gain statique, fréquence de coupure, valeur r_s) en supposant les formules connues.

Etude du système bouclé

Retour unitaire (plus simple) ou ajusté (pour ceux qui maîtrisent)

II.3.3 Influence d'une charge → valeur r_s en BF

Rajouter éventuellement l'étude de l'influence du bouclage lors de la variation du gain de la chaîne directe (cf. II.3.1).

Etude dynamique

Réponse à un échelon avec correction P, I et PI. Si on veut faire plus simple, on peut se limiter à la correction P sur le montage du § II.3.1 en jouant directement sur la valeur de A et en allant jusqu'à l'instabilité.

Si on fait l'étude dynamique, monter directement le montage global avec le correcteur réglé à $C = 1$ pour commencer → moins d'interventions nécessaires sur le montage donc moins de risque de se planter

SYSTEME BOUCLES OSCILLANTS

Oscillateur a pont de Wien

§ II.2.1 Etude du filtre

§ II.2.3 Bouclage → stabilité

§ II.2.4 Démarrage de l'oscillateur

Oscillateur à Quartz

§ II.3.1 Etude FTBO ; En déduire les paramètres du circuit résonant (fréquence propre et facteur de qualité → cf. montage résonance)

Bouclage

Stabilité ; Temps de réponse

Remarque :

L'oscillateur peut avoir du mal à démarrer si l'étage amplificateur inverseur déphase un peu à cause de son gain important et du produit G.BP de l'AO. Si c'est le cas, scinder l'amplification en 2 étages se répartissant le gain global avec un ampli non inverseur et un amplificateur inverseur pour que le tout compense toujours le déphasage de π de l'étage contenant le quartz.

Rapports

2017 Systèmes bouclés : Ce montage concerne la physique des asservissements et/ou celle des oscillateurs auto-entretenus. Une maîtrise minimale des montages élémentaires est requise. Certains aspects des systèmes bouclés peuvent être élégamment illustrés par des montages comme l'oscillateur à quartz, compte tenu de son fort facteur de qualité.

2014, 2015, 2016 Systèmes bouclés : Ce montage concerne la physique des asservissements et / ou celle des oscillateurs auto-entretenus. Une maîtrise minimale des montages élémentaires est requise. Un oscillateur à quartz serait le bienvenu, compte tenu de son fort facteur de qualité.

ONDES / PROPAGATION ET CONDITIONS AUX LIMITES

Sujet vaste → on peut faire un choix parmi ces manip

Propagation libre

Ondes acoustiques

Mesure de vitesse dans l'air (par déphasage ou par interférences)

Influence du milieu : mesure dans la barre de fer (cf résumé

acoustique)

$Z = \rho c \rightarrow$ calculer et comparer les Z

Ondes à la surface de l'eau

Manip cuve à ondes → phénomène de dispersion

Influence de conditions aux limites

Conditions aux limites longitudinales

Changement d'impédance → phénomène de

réflexion / réfraction

Lois de Snell-Descartes en optique

Mesure de l'impédance d'un câble coaxial

Ondes stationnaires (1 CL) ou ondes stationnaires résonnantes (2CL ; corde de melde).

Conditions aux limites transversales

Diffraction avec une cuve à ondes ou des US

Guidage : influence de la taille du guide avec les

US (notion de mode). Ondes cm → étude mode dans le guide (mesure λ_g , comparer à λ_0). Câble coaxial : mesure de vitesse

2015, 2016 Ondes : propagation et conditions aux limites : Ce montage est riche, car l'existence de conditions aux limites permet l'apparition de phénomènes aussi variés que la réflexion, la réfraction, la diffraction, les interférences... Dans ce contexte, on veillera à bien distinguer ondes stationnaires et ondes stationnaires résonnantes. Notons enfin que la notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial. Enfin, la détermination de la fréquence de résonance de la corde de Melde à l'aide d'un stroboscope n'a pas de sens quand la corde est utilisée avec un générateur basse fréquence muni d'un fréquencemètre avec cinq digits.

2014 Ondes : propagation et conditions aux limites : Ce montage est riche car l'existence de conditions aux limites permet l'apparition de phénomènes aussi variés que la réflexion, la réfraction, la diffraction, les interférences... Dans ce contexte, on veillera à bien distinguer ondes stationnaires et ondes stationnaires résonnantes. Notons enfin que la notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial.

2013 Ondes : propagation et conditions aux limites : L'existence de conditions aux limites permet aussi l'apparition de phénomènes de réflexion, réfraction, diffraction, interférence... La notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial.

2010 2011 2012 Ondes : propagation et conditions aux limites : L'existence de conditions aux limites permet aussi l'apparition de phénomènes de réflexion, réfraction, diffraction, interférence, propagation guidée... La notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial.

ONDES ACOUSTIQUES

Manips en audible pénibles à l'écoute et galères car polluées par le bruit environnant. Pas ces soucis avec les ultrasons et ça colle avec le rapport du jury : pas se restreindre aux fréquences audibles.

Remarques du Jury : ne pas faire que des mesures de vitesse, ne pas se limiter à une propagation dans l'air, les phénomènes **d'interférences, diffraction, réflexion/transmission et d'impédance** et des applications peuvent être abordés. On n'a pas de dispositif pour mesurer les impédances acoustiques à Rennes mais on peut en parler quand on mesure la vitesse du son dans un milieu puisque $Z_{\text{acoustique}}$ caractéristique = ρc). Compte tenu de cette contrainte, on propose deux plans possibles.

Premier plan

I Diagramme d'émission d'un émetteur US

Manip I.3.2 du poly acoustique : diagramme d'émission normalisé en coordonnées polaires \rightarrow cône d'émission serré (utile pour télémètre et sonar). Vérifier que l'ouverture angulaire, définie comme l'atténuation à 3 dB vaut $2\theta_0 \approx 50\lambda/(0,85d)$ en degré (cf. composition de physique 2014 ou mario rossi électroacoustique § 2.7.5 2.76)

II Vitesse de propagation des ondes acoustiques

2.1 Dans l'air libre

Plusieurs méthodes envisageables. Celle par déphasage est facile et précise mais il vaut peut-être mieux le faire par interférences pour répondre aux souhaits du jury : tracer $I/I_0 = f(\theta)$ en champ lointain avec un émetteur et deux fentes dans son cône d'émission (\rightarrow intérêt de l'avoir fait avant). On peut aussi utiliser deux émetteurs alimentés par le même signal.

2.2 Dans un solide

Manip simple qui donne des résultats précis. Monter une tige de fer sur un pied/noix en mettant le point de fixation au milieu. Frotter une extrémité de la tige avec un chiffon imbibé d'alcool \rightarrow émission d'une onde acoustique par créations d'ondes stationnaires dans la tige \rightarrow mesurer la fréquence de l'onde sonore, en déduire c sachant que $L = \lambda/2$

On peut finir cette partie en calculant l'impédance caractéristique des ondes longitudinales dans l'air et dans un solide/liquide pour comparer les ordres de grandeur (explique les ondes stationnaires dans la barre par exemple).

III Applications

Télémètre (influence de T) \rightarrow cf. poly « mesure des longueurs », paragraphe III

Mesure de vitesse par effet Doppler \rightarrow cf. poly « mesure des fréquences temporelles », paragraphe V.1

IV Influence de conditions aux limites transversales sur la propagation

\rightarrow Ondes guidées avec US

(cf poly ondes pour la manip)

Autre plan possible

Les manip sont à peu près les mêmes mais avec une logique de présentation différente.

I) Caractère propagatif des ondes sonores, vitesse du son.

- 1) Production/propagation dans l'air et dépendance en température de la vitesse du son
- 2) Vitesse de propagation dans un liquide et un solide

II) Caractère ondulatoire des ondes sonores

- 1) Interférences (Trombone de Kœnig)
- 2) Diffraction

III) Impédances, réflexions, transmissions et toutes ces sortes de choses.

2014, 2015, 2016 Acoustique : Les phénomènes d'interférences, de réflexion/transmission et d'impédance ont aussi leur place dans ce montage. En outre, le jury apprécie qu'on ne se limite pas à la propagation dans l'air ni à une gamme de fréquences restreinte aux fréquences audibles. En tout état de cause, le montage ne doit pas se limiter à des mesures de la célérité du son. Signalons enfin que les mesures d'atténuation des ondes acoustiques dans l'air qui ont été proposées par les candidats n'ont pas donné de résultats probants.

2010 2011 2013 Ondes acoustiques : Les phénomènes de réflexion/transmission et d'impédance ont aussi leur place dans ce montage. En outre le jury apprécie qu'on ne se limite pas à la propagation dans l'air ni à une gamme de fréquences restreinte aux fréquences audibles. Le montage ne doit pas se limiter à des mesures de la célérité.

2012 Ondes acoustiques : Le jury attend des notions plus variées que les seules mesures de célérité. On peut penser :

- aux phénomènes de réflexion-transmission, d'interférences et de diffraction, de modes...
- aux notions d'impédance acoustique, de timbre, de hauteur, d'effet Doppler...
- aux nombreuses applications : instruments de musique, sonar, échographie

2007 2008 Ondes acoustiques : Il est conseillé de ne pas se limiter à la propagation dans l'air ni à une gamme de fréquences restreinte aux fréquences audibles.

2000 Ondes acoustiques sonores et ultrasonores : Le rôle de la caisse de résonance d'un diapason reste méconnu. Les fonctionnements des microphones et haut-parleurs électrodynamiques présentent des analogies, mais la force de Laplace et la loi de l'induction sont deux phénomènes physiques à propos desquels il est difficile de parler réellement de "réversibilité" -1 est-ce d'ailleurs si important ? L'emploi du tube de Kundt et la mise en œuvre de l'expérience de Melde donnent lieu à de surprenantes confusions entre les notions de résonance et d'ondes stationnaires la résonance, ici, ne fait que rendre plus apparent le phénomène d'ondes stationnaires : c'est pourquoi on préfère placer le haut-parleur à un nœud de pression, ce qui impose une contrainte à la fréquence du son si l'autre extrémité du tube est bouchée. Pour étudier l'influence d'un paramètre d'environnement (la température, par exemple) il est préférable de ne pas faire varier la longueur d'onde, et donc d'ajuster la fréquence. D'autres dispositifs, qui ne fixent qu'une seule condition aux limites, sont d'emploi plus aisé.

RESONANCE

Expérience d'introduction

Les diapasons → § II ou Quaranta I à « Oscillations Forcées » (résonance acousto mécanique) ou une série de pendule de différentes longueurs excités par un pendule plus lourd (résonance mécanique)

Résonance à 1 DL : le circuit R, L, C ou le quartz

Etude du circuit RLC classique. On peut la remplacer par l'étude du quartz → étudier le circuit RLC en TP et faire le quartz en montage

Circuit RLC

Réponse en intensité → § III.2.2 (étude de la phase) ; Facteur de qualité → § III.2.3 (IMPORTANT)

La wobblulation pour l'étude des différentes réponses n'est pas obligatoire. Si on s'en sert, montrer qu'une wobblulation rapide déforme les courbes et ce d'autant plus que Q est fort (illustre le rapport entre la largeur de la résonance et la durée du transitoire). Si on mesure f_0 , utiliser la phase (critère plus pertinent). Pour mesurer Q, prendre un GBF numérique et un multimètre précis.

Quartz

Etude de sa résonance série → § III.3 ATTENTION A NE PAS METTRE UNE TENSION TROP FORTE FAIRE ATTENTION AU PRODUIT GAIN BANDE PASSANTE DE L'AO !

Lien avec le régime transitoire → II.4 du montage régime transitoire

Choisir ensuite un thème parmi les suivants. La résonance paramétrique plait au Jury mais il faut être à l'aise avec. Si on ne le sent pas, prendre la corde de Melde ou les systèmes couplés (ces manips servent dans un autre montage)

Résonance à 2 DL : circuits couplés

§ Montage « couplage des oscillateurs »

Résonance « avec propagation »

§ V.1 ou V.2 : manipulations classiques. La corde de Melde permet d'aborder le domaine de la mécanique.

Résonance paramétrique

§ 6.2

Manip d'application

Illustrer le principe de la recharge des téléphones portables par couplage de circuits résonant (demander conseil au professeur). Intérêt par rapport à de simple bobines : on travaille avec des circuits de plus faibles impédances → On produit un champ plus fort et le récepteur a une impédance plus faible, donc est un meilleur générateur de tension.

Rapports

2014 2015 2016 2017 Résonance : Le lien qui existe entre la largeur de la résonance d'un oscillateur et la durée du régime transitoire est souvent ignoré par les candidats. Des phénomènes non linéaires ou paramétriques pourraient également être abordés.

2013 Résonance : Les phénomènes non linéaires, paramétriques pourraient aussi être abordés. Les critères de détermination expérimentale de la fréquence de résonance ne sont pas toujours pertinents. Le rapport entre la largeur de la résonance et la durée du transitoire est trop souvent ignorée.

2011 2012 Résonance : La résonance ne se limite pas à l'étude du circuit RLC. Les critères de détermination expérimentale de la fréquence de résonance ne sont pas toujours pertinents. Le rapport entre la largeur de la résonance et la durée du transitoire est trop souvent ignoré. La notion de facteur de qualité ou un équivalent est trop souvent absente.

2010 Résonance : Les phénomènes non linéaires, paramétriques pourraient aussi être abordés. Les critères de détermination expérimentale de la fréquence de résonance ne sont pas toujours pertinents. Le rapport entre la largeur de la résonance et la durée du transitoire est trop souvent ignoré.

2008 Résonance : Le phénomène de résonance n'apparaît pas qu'en électricité. En outre, le circuit RLC est souvent mal connu. Le jury apprécierait de voir des résonances dans d'autres domaines de la physique, ainsi que des facteurs de qualité importants.

2004 Montages 38 et 39 : L'étude de la phase est trop souvent absente de ces montages alors qu'elle fournit des relations complémentaires non redondantes à celle de l'amplitude

COUPLAGE DES OSCILLATEURS

Couplage par élasticité

→ § I ou II car ce sont les mêmes types de couplage. Le I est sans doute préférable pour ne pas faire que de l'électrique.

Remarque :

Les pendules pesants couplés seront disponibles à l'oral

On peut faire la TF du régime transitoire pour observer la présence de deux fréquences propres.

On peut faire un calcul énergétique mais c'est assez long et galère (demander conseil au professeur)

Couplage par inertie

Oscillateurs accordés en régime forcé → III.2.2 avec mesure d'une constante de couplage (Important) ; comparer les deux méthodes de mesure.

Oscillateurs désaccordés

→ § III.3

Remarque :

On peut aussi faire une étude en régime transitoires ($f = 20$ Hz, $U = 0,8$ V) et faire la TF de U_{C1} en partant de l'absence de couplage puis en rapprochant B_2 . On a un pic au départ qui se dédouble.

Couplage de plusieurs oscillateurs identiques

→ § IV

Rapport

2014, 2015, 2016, 2017 Couplage des oscillateurs : Les pendules utilisés dans le cadre de ce montage sont souvent loin d'être des pendules simples, et les candidats doivent en tirer les conclusions qui s'imposent. Les expériences de couplage inductif sont souvent difficiles à exploiter car les candidats ne maîtrisent pas la valeur de la constante de couplage. Enfin, il n'est pas interdit d'utiliser plus de deux oscillateurs dans ce montage, ou d'envisager des couplages non linéaires, qui conduisent à des phénomènes nouveaux comme l'accrochage de fréquence, et ont de nombreuses applications.

2013 Couplage des oscillateurs : Les pendules utilisées dans le cadre de ce montage sont souvent loin d'être des pendules simples. Enfin, les couplages non linéaires conduisent à des phénomènes nouveaux comme l'accrochage de fréquence, qui ont de nombreuses applications.

2012 Couplage des oscillateurs : Les candidats peuvent présenter des systèmes couplés simples, en mécanique, en électricité ... mais il faut analyser correctement les couplages pour éviter une mauvaise utilisation de formules toutes faites. Le jury met en garde les candidats contre l'utilisation de dispositifs dont la modélisation n'est pas comprise.

2011 Couplage des oscillateurs : Le jury met en garde les candidats contre l'utilisation de dispositifs dont la modélisation n'est pas comprise.

2010 Couplage des oscillateurs : Les pendules utilisés dans le cadre de ce montage sont souvent loin d'être des pendules simples. D'autre part, il faut réaliser le montage correspondant aux équations que l'on écrit (ou l'inverse), sinon l'interprétation n'est pas correcte. Enfin, les couplages non linéaires conduisent à des phénomènes nouveaux comme l'accrochage de fréquence, qui ont de nombreuses applications.

1999 L'étude du couplage d'oscillateurs identiques ne permet pas de couvrir la totalité du sujet.

Couplage

Ca consiste à rendre deux entités dépendantes l'une de l'autre → l'évolution de l'une des entités influence l'évolution de l'autre entité. Plus le couplage est fort, plus l'influence est forte.

Conséquence du couplage

Dans les équations : apparition de termes de 2 dans 1 et vice versa (si couplage symétrique).

Au niveau énergétique : ça ouvre un « canal » permettant d'échanger de l'énergie (si le mouvement est quelconque).

A montrer

Expérience d'intro : Transfert d'énergie (sauf sur les modes propres)

Existence de modes propres ; autant de modes propres que d'oscillateurs couplés. Les fréquences propres ne peuvent plus être attribuées à un oscillateur particulier, ce sont les fréquences propres du système entier

Si le système est excité initialement dans un de ses modes propres, il le reste par la suite.

Mouvement quelconque = combinaison linéaire des modes propres.

Le couplage permet le transfert **alternatif** d'énergie d'un pendule à l'autre (les oscillations d'un pendule sont en quadrature par rapport à l'autre), alors que dans un mode propre l'énergie de chaque pendule est stationnaire s'il n'y a pas de dissipation.

Le couplage d'oscillateurs accordés provoque une levée de dégénérescence (deux oscillateurs identiques couplés = un système à deux fréquences propres). Les fréquences propres s'écartent d'autant plus que le couplage est fort.

Le couplage a pour effet d'écarter les fréquences propres, et ce d'autant plus qu'elles sont proches au départ (cas des circuits désaccordés).

Régime forcé → résonance sur les modes propres

REGIMES TRANSITOIRES

Choisir 3 manip parmi toutes ces propositions. Les expériences classiques se trouvant facilement dans des livres comme le Quaranta IV d'électricité (nouvelle édition), elles ne sont pas décrites dans le topo. Seules des expériences plus « exotiques » y sont présentées.

Transitoire d'ordre 1

Circuit RC → cf. Quaranta IV, p. 475 par exemple ou topo sur condensateurs.

Temps de réponse d'une photodiode (montage photorécepteurs) ; transitoire rapide.

Transitoire d'ordre 2 avec amortissement fluide

Circuit RLC (Quaranta IV, p. 479) : montrer les différents régimes, la différence entre U_R et U_C . Pour U_C , insister sur la possibilité d'avoir des surtensions (avantage : allumage des néons, démarrage des voitures à essence ; inconvénient : étincelles de rupture sur les interrupteurs). Pour le quantitatif, préférer l'étude sur R car les transitoires sont autour de 0 (plus facile pour l'acquisition et les zooms). Acquérir le signal en régime pseudo périodique, faire une modélisation, mesurer f , comparer avec f_0 (pas pareil), mesurer λ , comparer avec $R/2L$.

Le diapason (résonance mécanique, transitoire lent) → § II.2 du topo : mesure f , Δf et facteur de qualité sur une FFT → dualité régime transitoire régime forcé pour les systèmes LIT.

Régime transitoire d'ordre 2 avec amortissement sec

Pendule Pendolor (résonance mécanique) → § II.3 du topo

Régime transitoires précédent un régime forcé

Réponse précédant un régime sinusoïdal

(Quaranta IV, p. 482 ou Krob, p. 52). On peut montrer le cas $f \approx f_0$ sur la résonance série du quartz (résonance électromécanique) et s'en servir pour mesurer précisément cette fréquence de résonance série (on gagne un facteur 10 en précision par rapport au GBF numérique). On peut citer l'exemple des régimes transitoires lors d'une wobble trop rapide.

Etablissement d'un régime permanent sinusoïdal

Démarrage de l'oscillateur à pont de Wien (cf poly systèmes bouclés 2). Réponse exponentielle quand R_2 pas trop fort. Mesure de λ . On peut aussi tracer $\tau = f(R_2)$.

Régime transitoires non linéaires

Mesure du Slew Rate d'un Ampli. Op. → cf. § I.1 du topo → application au redressement sans seuil ou à l'oscillateur de relaxation.

Suppression du régime transitoire d'un interrupteur → cf. § IV du topo

Diffusion du glycérol dans l'eau

Mécanique des fluides, transitoire très lent

Rapports

2014 2015, 2016, 2017 Régimes transitoires : Il existe des régimes transitoires dans plusieurs domaines de la physique et pas uniquement en électricité ; de même, l'établissement de régimes forcés peut conduire à une physique bien plus variée que le retour à une situation d'équilibre. Par ailleurs, bien que le régime transitoire des systèmes linéaires, évoluant en régime de réponse indicielle, puisse parfois se ramener à l'étude d'un circuit RC, la simple mesure du temps de réponse d'un tel circuit ne caractérise pas l'ensemble des propriétés des régimes transitoires. Enfin, varier les échelles de temps dans la présentation serait appréciable.

2009, 2010, 2013 Régimes transitoires : Il existe des régimes transitoires dans plusieurs domaines de la physique et pas uniquement en électricité. Bien que le régime transitoire des systèmes linéaires, évoluant en régime de réponse indicielle, puisse parfois se ramener à l'étude d'un circuit RC, la simple mesure du temps de réponse d'un tel circuit ne caractérise pas l'ensemble des propriétés des régimes transitoires. D'autre part, l'établissement de régimes forcés peut conduire à une physique bien plus variée que le retour à une situation d'équilibre. Varier les échelles de temps.

Autres manip possibles : courant de pointe dans un pont de diode d'une alim stabilisée au démarrage, surtension à l'ouverture d'une bobine (suppression par diode de roue libre), transitoires de pendules couplés, ...

PHENOMENES DE TRANSPORT

Diffusion

Thermique ($\vec{j} = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}}T$)

Transport de chaleur sans transport de matière \rightarrow § I.2 ou Quaranta IV p. 100 nouvelle édition. Modéliser $T(x)$ par une exponentielle avec la formule de la barre infinie mais en mettant la température finale et l'origine des x comme variables d'ajustement.

De particules ($\vec{j} = -D \overrightarrow{\text{grad}}c$)

Transport de matière \rightarrow Diffusion du glycérol : § IV.1 ou BUP 819 ou Quaranta IV p. 466 nouvelle édition

Conduction électrique

Transport de charge \rightarrow § II.1 avec un fil d'électricien. On peut éventuellement regarder l'influence de T en plongeant le fil dans un bain thermostaté et en mesurant sa résistance en 4 fils (§ II.2).

Remarque : la loi de conduction électrique en régime permanent est analogue à une loi de diffusion ($\vec{j} = -\gamma \overrightarrow{\text{grad}}V$) mais ce sont des phénomènes différents car quand on est en régime variable, les ondes diffusives sont toujours décroissantes alors qu'en électricité, la loi d'ohm $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ reste valable mais le champ électrique n'est plus à circulation conservatrice (on passe de $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V$ à $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}V - \partial \vec{A}/\partial t$) \rightarrow il se rajoute les phénomènes d'induction et/ou des phénomènes de propagations pas forcément amortis.

Convection

Poiseuille (transport de quantité de mouvement par convection forcée) \rightarrow § III.2.1

Rayonnement

Vérification de la loi de Stéphan \rightarrow § I.1.2 du montage émission absorption (matériel disponible à Montrouge) ou Quaranta IV p. 381 nouvelle édition. On n'a plus de circulation d'eau \rightarrow mettre quand même le cache prévu ou une plaque de bois recouverte d'aluminium pour minimiser l'émission.

Ce mode de transport a la particularité de ne pas être proportionnel à la cause par rapport aux autres (courants proportionnels aux gradients) \rightarrow il faut montrer la dépendance en $T^4 \rightarrow$ Modélisation en T^n et montrer qu'on n'a pas $n = 1$ mais $n = 4$. On peut aussi montrer avec une caméra thermique que le rayonnement dépend de l'émissivité si le corps n'est pas noir

2015, 2016, 2017 Des transports autres que diffusifs peuvent faire l'objet de ce montage. Lors de la mesure du coefficient de diffusion du glycérol, par la déviation d'une nappe laser, les candidats doivent être à même d'expliquer précisément la nature de l'image observée sur l'écran et son origine physique.

2014 Des transports autres que diffusifs peuvent faire l'objet de ce montage.

2010 2011 2013 Le choix des expériences doit veiller à souligner l'aspect transport. Il existe d'autres phénomènes de transport que ceux régis par une équation de type $j = -\alpha \cdot \text{grad}V$.

2012 Ce montage est ouvert à de nombreux domaines, pouvant donner lieu à des études comparées ; on pensera à exploiter les régimes transitoires et les régimes permanents. Le choix des expériences doit veiller à souligner l'aspect transport. Il existe d'autres phénomènes de transport que ceux régis par une équation de type $j = -\alpha \cdot \text{grad}V$.

2009 La mesure de la conductivité thermique d'un métal par sa réponse en température à une excitation alternative a posé problème à de nombreux candidats par suite de l'analyse des mesures à l'aide d'une loi non valide avec les conditions aux limites concernées. Le régime permanent implicitement mis en jeu doit être précisé, de même que son temps d'établissement.

2008 plusieurs candidats ont voulu présenter une étude dynamique du transport de la chaleur. Cette expérience est sophistiquée et assez délicate. Pour certains candidats, l'étude statique, bien plus simple à réaliser, doit être préférée.

2007 Le jury attend au moins une mesure de coefficient de diffusion. Le candidat doit savoir évaluer un temps caractéristique de ce phénomène.

2006 Il faut savoir évaluer un temps caractéristique de diffusion.

2000 Il faut garder à l'esprit qu'on distingue, dans certains domaines, plusieurs modes de transport : conduction, convection, diffusion... Connaître a priori l'ordre de grandeur de quelques coefficients de diffusion est indispensable. Les dispositifs dédiés permettant d'étudier l'effet Hall sur des échantillons sélectionnés semblent poser, malgré leur simplicité, de gros problèmes d'utilisation.

MOTEURS

MOTEUR A COURANT CONTINU

Principe de fonctionnement

§ II.2.2

Pour comprendre le principe de fonctionnement des MCC (rôle des collecteurs). C'est qualitatif mais il n'est pas inutile de présenter le principe de fonctionnement des moteurs (cf. rapport 2007).

Vérification de la proportionnalité entre E et ω

II.3.4 →

détermination du $k\Phi$ du moteur (facultatif).

Etude à vide

II.3.5 : Courbe $U_0 = f(\omega_0)$; Montrer que $E_0 = f(\omega_0)$

droite

Etude du couple de perte global en fonction de la

vitesse → \approx constant.

Etude en charge à $U = \text{cte}$

II.3.6

Courbe $\omega_C = f(\Gamma_U)$:

Ce graphique permet de voir le peu d'influence qu'a une demande de couple mécanique sur la vitesse de rotation du moteur → intérêt que peuvent avoir les MCC dans le domaine de la traction.

Montrer que ω dépend d'autant moins de la charge que R est faible et $k\Phi$ est fort → qualité d'un moteur.

Courbe $\Gamma_U = f(I_C)$:

Ce graphique permet de vérifier que le couple mécanique est proportionnel au courant demandé comme l'indique la relation (3)

Rendement direct :

Ce graphique permet de définir le domaine de fonctionnement nominal (rendement max).

Rendement par pertes séparées

On peut faire un calcul d'incertitude sur la relation $P_{\text{primaire}} =$

$P_{\text{secondaire}} + P_{\text{Fer}} + P_{\text{Cuivre}}$

MOTEUR A COURANT ALTERNATIF

Asynchrone

III.1

Synchrone

→ § 2.2.2

Rapports

2015,2016 Moteurs : Ce montage a été présenté plusieurs fois lors de cette session et a conduit à plusieurs prestations de bonne qualité. Nous rappelons que les moteurs thermiques font partie des dispositifs qui peuvent être présentés dans ce montage.

2014 Moteurs : Ce nouveau montage n'a été choisi par aucun candidat cette année. Il est toutefois maintenu pour la session 2015 compte tenu de la grande richesse et de l'importance industrielle de la physique des moteurs, en particulier des moteurs thermiques.

2013 Exemples de conversion électrique mécanique : Comme pour le montage 21, la notion de point de fonctionnement nominal est importante. D'autre part, les modèles utilisés pour décrire les convertisseurs sont souvent trop simplifiés. Il faut être capable d'interpréter l'écart entre le système idéal et le système réel.

2012 Exemples de conversion électrique mécanique : Même si l'étude d'un haut-parleur relève du thème, il existe bien d'autres exemples, et souvent d'intérêt industriel (le moteur électrique est à l'ordre du jour). Il convient d'insister sur l'aspect quantitatif de la conversion électrique-mécanique.

2010 Conversion de puissance électromécanique : Comme pour le montage 21, la notion de point de fonctionnement nominal est importante. D'autre part, les modèles utilisés pour décrire les convertisseurs sont souvent trop simplifiés. Il faut être capable d'interpréter l'écart entre le système idéal et le système réel.

2009 Exemples de conversion électromécanique / Comme pour le montage 21, la notion de point de fonctionnement nominal est importante.

2007 Conversion de puissance électromécanique : Un effort pédagogique incluant une approche physique des phénomènes impliqués dans le fonctionnement des moteurs permet d'éviter un montage constitué d'une série de mesures sans logique apparente.

FILTRAGE (ancien montage)

Filtre passe bas

Caractérisation → § I.2

Application → § I.3 enchaîner deux filtres

On peut comparer ce filtrage à un filtre numérique (cf. montage acquisition analyse et traitement du signal).

On peut aussi présenter une version active de ce filtre (cf. Krob, p. 45).

Filtre passe bande

Vérification du modèle → § II.1 ou Krob, p. 47

Dualité sélectivité temps de réponse → § II.3

Application au signal qui sort du Michelson (cf. § IV.3, manip de synthèse)
→ prendre 100k, 10k ($Q=10$) et $C = 5,6 \mu\text{F}$ pour avoir $F = 2,82 \text{ Hz}$

Filtrage en optique

§ 4.1 ou 4.2

4.2 → vérification des caractéristiques du filtre avec Spectrovisio et mesures de l'absorption d'une lampe HG avec spectrovisio

FILTRAGE

2012 Filtrage de signaux : Un filtre RC passif ne permet qu'une présentation parcellaire de la notion de filtrage. Par contre, le clignotement d'une lampe à basse fréquence est un problème réel, qui est un exemple du lien science-société évoqué précédemment. La notion de suiveur, et son utilisation pour transformer un filtre passif en filtre actif est trop souvent méconnue. En optique, un montage de filtrage des fréquences spatiales est bienvenu, mais l'utiliser pour mesurer le pas d'un réseau n'est pas pertinent.

2011 Filtrage de signaux : Ce montage se limite bien trop souvent à une étude d'un filtre RC. Rappelons que d'autres filtres existent, y compris des filtres actifs.

2008 Filtrage : Dans la liste 2009, le titre change car le jury tient à voir du filtrage et non pas seulement l'étude de filtres. Par ailleurs, un filtre RC suivi d'un suiveur ne peut être considéré comme un filtre actif.

2007 Filtrage : Le titre du montage est « filtrage » et non « filtres ». Il ne faut donc pas se limiter à l'étude du diagramme de Bode des circuits présentés mais étudier le filtrage des signaux. Le jury apprécie de voir d'autres filtres que de simples filtres RC ou RLC. Les candidats peuvent aborder d'autres domaines que l'électronique.

2006 Filtrage : Ce montage ne peut pas se limiter à une mauvaise étude d'un filtre passif RC ou RLC en électricité.

2005 Ce montage ne doit pas se limiter aux filtres passifs. D'autres domaines que l'électronique peuvent également être abordés

OSCILLATEURS AUTO ENTRETENUS (ancien montage)

Oscillateurs quasi sinusoïdaux

→ § II.2 (Wien) ou II.4 (Résistance négative)

Consulter le montage « phénomènes non linéaires si vous faites le II.4. Pensez à montrer le passage en mode relaxé.

Application : oscillateur à quartz

II.3

Oscillateur de Van de Pol

Régime quasi sinusoïdal → § III.5.1

Passage en relaxé → § III.5.2

Rem : Van der Pol pour les gens à l'aise

Oscillateurs de relaxation

Oscillateur a cellule RC

Mesure période (§ 3.2.2) et diagramme de phase (§ 3.2.3) à comparer avec celui des oscillateurs quasi sinusoïdaux. Application au capacimètre

Possibilité de synchronisation → § 3.2.4 (Important)

Application aux VCO → § 3.3

Rem : choisir l'un des deux (synchro ou VCO).

2012 Oscillateurs auto-entretenus : Un oscillateur à quartz serait le bienvenu avec son fort facteur de qualité. Le rôle de la phase pour la détermination de la fréquence d'oscillation est rarement utilisé. Penser aussi aux nombreuses applications.

2010 2011 Oscillateurs auto-entretenus : Un oscillateur à quartz serait le bienvenu avec son fort facteur de qualité. Le rôle de la phase dans le critère de Barkhausen pour la détermination de la fréquence d'oscillation est rarement compris.

2009 Oscillateurs auto-entretenus : De nombreux candidats ignorent l'importance des retards de phase dans l'étude de la stabilité des systèmes.

2008 Oscillateurs auto entretenus : Les conditions d'oscillation auto-entretenues doivent être maîtrisées.

2007 Oscillateurs. Les oscillateurs amortis sont de peu d'intérêt au niveau de l'agrégation. En 2008, le titre de ce montage devient « Oscillateurs auto-entretenus ».