

Montages Agrégation de Physique ENS CACHAN 2001

02/06/2001

Abstract

Plan, références et "trucs" expérimentaux pour les montages de physique.

Table des matières

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Montages de physique générale | 4 |
| | M1: Illustration de quelques lois de la dynamique Newtonienne. | 4 |
| | M2: Tension superficielle: mise en évidence, mesures. | 4 |
| | M3: Dynamique des fluides | 4 |
| | M4: Thermométrie, points fixes, étalonnage, mesure. | 5 |
| | M5: Transitions de phase | 6 |
| | M6: Ondes sonores et ultrasonores. | 7 |
| | M36: Propagation libre et propagation guidée. | 7 |
| | M40: Acquisition, analyse et traitement de signaux. | 7 |
| | M41: Asservissement | 7 |
| | M42: Phénomènes de transport. | 7 |
| | M43: Exemples de phénomènes non linéaires. Applications. | 8 |
| | M44: Mesure des longueurs d'onde | 8 |
| | M45: Interférences dans différents domaines de la physique. | 9 |
| | M46: Ondes stationnaires | 9 |
| | M47: Résonances | 10 |
| | M48: Couplage des oscillateurs. | 11 |
| | M49: Impédances dans différents domaines de la physique. | 11 |
| | M50: Mesure de constantes physiques fondamentales; matérialisation des unités. | 11 |
| 2 | Montages d'optique | 12 |
| | M7: Formation des images par les instruments d'optique; champs, aberrations et résolution spatiale. | 12 |
| | M8: Cohérence spatiale et temporelle des ondes lumineuses. Longueurs de corrélation. | 13 |
| | M9: Diffraction des ondes lumineuses | 13 |
| | M10: Spectrométrie optique; résolution. | 14 |
| | M11: Interférences lumineuses. | 14 |
| | M12: Biréfringence naturelle et biréfringence induite. Applications. | 15 |
| | M13: Production et analyse d'une lumière polarisée. | 16 |
| | M14: Polarisation rotatoire | 16 |
| | M15: Emission et absorption dans le domaine optique (Visible, IR, UV; l'étude des sources est incluse, celle des photorécepteurs exclue). | 17 |
| | M16: Quelques propriétés et applications des lasers. | 17 |
| | M17: Photorécepteurs. Caractéristiques métrologiques (sensibilité spectrale, linéarité, résolution). Applications. | 18 |
| | M35: Optoélectronique | 19 |
| 3 | Montages d'électronique | 20 |
| | M26: Etude et utilisation des capteurs. | 20 |
| | M27: Principe et mise en oeuvre des multimètres. On n'omettra pas d'illus- trer le principe d'un voltmètre numérique. | 20 |
| | M28: Instrumentation numérique. | 20 |
| | M29: Matériaux semi-conducteurs. | 20 |
| | M30: Exemples de modèles représentant un composant électronique ou un système électrique. Détermination des paramètres physiques. Utilisation. | 20 |
| | M31: Amplificateur opérationnel: caractérisation; application à la réalisa- tion de fonctions électroniques. | 20 |

| | |
|---|-----------|
| M32: Filtres en régime harmonique et en régime transitoire. Applications. . . | 21 |
| M33: Amplification en électronique: préamplification (amplification de tension) et amplification de sortie (étage de puissance et adaptation) | 21 |
| M34: Télécommunication: mise en forme, transport et détection de l'information. | 21 |
| M37: Oscillateurs quasi-sinusoïdaux et oscillateurs de relaxation. | 21 |
| M38: Propriétés et applications des circuits logiques; fonctions combinatoires et fonctions séquentielles. | 22 |
| M39: Mesure des fréquences temporelles (le domaine de l'optique est exclus). On n'omettra pas d'illustrer le principe du fréquencemètre numérique. . . | 22 |
| 4 Montages d'électricité | 24 |
| M18: Mesure des capacités électriques; propriétés des diélectriques. | 24 |
| M19: Caractérisation des milieux magnétiques. Applications du ferromagnétisme. | 24 |
| M20: Production et mesure de champs magnétiques de divers ordres de grandeur. | 26 |
| M21: Autoinduction: Tension, Energie | 27 |
| M22 Conversion de puissance alternatif-continu et continu-alternatif | 28 |
| M23: Conversion électromécanique de puissance | 28 |
| M24: Etude et applications des transducteurs électromécaniques. | 29 |
| M25: Caractérisation et mesure des tensions et des courants; on s'intéressera à une large étendue d'amplitudes et de fréquences. | 30 |

Chapitre 1 MONTAGES DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

M1 : Illustration de quelques lois de la dynamique Newtonienne.

Plan

1. Lois de Newton

(a) Principe d'inertie

deux mobiles autoporteurs reliés entre eux : montrer que CI a un mouvement rectiligne uniforme. *VSCOPE* et *IGOR* : faire une Macro pour accélérer l'analyse. Bien régler horizontalité de la table. Résultats pas très satisfaisants, lancer les mobiles pas trop bizarrement. Mobiles de même masse ou de masse différente (sauf que masse différente = plus compliqué à exploiter). Manip délicate qui marche pas terrible : voir facilité ou pas avec traceurs simples.

(b) Deuxième loi de Newton : PFD

- table inclinée en largeur, mobile; parabole en Y, droite en X : marche bien. *VSCOPE* + *IGOR* : marche très bien (fitter). Mesure α pas très précis.
- oscillateur harmonique vertical (*PASCO*+*IGOR*) : fitter avec un cosinus (marche bien). En déduire ω_0 et k ressort. Comparer avec k mesuré en mettant des masses.

2. Lois de conservation

(a) Conservation de p

mobiles autoporteurs : choc élastique ou non élastique : conservation de p dans les 2 cas (théoriquement; beaucoup plus dur à mettre en oeuvre). Peut être plus facile avec un mobile initialement au repos et un en mouvement...

(b) Conservation de E

- gyroscope fixé + masse et fil : transformation E_{pot} pesanteur en E_c rotation. Trouver les équations, mesurer.
- conservation de l'énergie de l'oscillateur : ne pas oublier le terme en z dans l'énergie mécanique. Reprendre l'acquisition du début.

(c) Conservation du moment cinétique

qualitativement : roue de vélo.

M2 : Tension superficielle : mise en évidence, mesures.

Montage à faire

M3 : Dynamique des fluides

Plan

1. Les fluides parfaits

(a) L'effet Venturi

- manip qualitative : lévitation d'une balle de Ping Pong : air comprimé, entonnoir, balle de Ping pong : sustentation verticale, stabilité horizontale (Ref Perez Mécanique)
- manip qualitative : pulvérisateur (mettre un liquide coloré pour mieux visualiser).
- manip quantitative : manomètre différentiel, soufflerie + tube venturi (Formule dans Perez et dans la notice de l'appareil). Faire les mesures pour une seule vitesse, et montrer juste la forme du ΔP sans chercher à voir si ca colle avec la vitesse (au fil chaud si nécessaire). Mise en

évidence des pertes de charge par non symétrie des pression des trous de même diamètre. (Reprendre un point sans toucher la vitesse de la soufflerie entre la préparation et la présentation => faire l'aile d'avion AVANT.)

(b) Vidange de Torricelli

montage VScope; mesure de $z(t)$, exporter sous Igor, remettre en SI immédiatement; lisser ou interpoler la courbe avec 10-15000 points, dériver et tracer $\frac{dz}{dt} = f(z)$. Equations dans le Perez, attention à faire la correction des surfaces (on mesure la vitesse de la surface libre, pas de la sortie). Erreurs possibles dues: à l'échantillonnage de Vscope (- de 1%), aux frottements du flotteur sur les parois (bruit), à la longueur non nulle du tuyau (viscosité). Faire une courbe en préparation et une en direct (faire une macro pour accélérer le traitement).

(c) Allées de Von Karman (à réserver pour la fin): théorie??? en pratique: compliqué à mettre en évidence; repos de l'air de la salle, caméra en incidence rasante pour mieux voir, objet gros ou petit???

2. Viscosité

(a) Chute d'une bille sphérique dans un fluide (glycérine): calcul dans le Perez Mécanique. Mesure de v_{limite} et on en déduit la viscosité de la glycérine. Bien montrer que l'on atteint la vitesse limite.

(b) Régime laminaire / turbulent

- Ecoulement de Couette: bac à glycérine + seringue et colorant. Ref: Guyon? : profil de Couette + Recirculation
- Ecoulement de Poiseuille: ref Perez pour les formules de perte de charge. Avec les petits tubes: droite de perte de charge. Montrer que l'on a une droite. Pour quantifier: - avec plusieurs Dv et on fitte les coefficients directeurs en fonction de Dv ; à priori: erreur d'un facteur 4 à 10 inexplicable. - avec Vscope et un long tuyau, on exporte, on lisse, on dérive, on lisse, et on obtient deux droites (laminaire / turbulent); le coeff directeur de laminaire correspond à Poiseuille. (Calculs bricolables à partir du Perez). On peut aussi faire une exploitation du coefficient de perte de charge en fonction du Re ...REF à trouver...

3. Modélisation d'une aile d'avion

aile d'avion et soufflerie: on trace $P = f(T)$ pour qqs vitesses (soit $Cz = f(Cx)$). Angle de portance maximale, décrochage. REF???

M4: Thermométrie, points fixes, étalonnage, mesure.

Plan

Introduction: bilame (utilisation des variations des propriétés des corps physiques en fonction de la température pour la mesurer)

1. Thermomètre à gaz: définition de la température absolue.

Machine à SF6: tracer des isothermes avec la machine à SF6, en restant en dessous du point de liquéfaction. Montrer que PV dépend de T , mais aussi de P (ou de $1/V$); cette dépendance traduit le fait que le gaz n'est pas parfait. On arrive à un gaz parfait en extrapolant les courbes que l'on a à $1/V$ nul (concrètement, extrapoler à P nul marche mieux). On a alors $\frac{T_2}{T_1} = \frac{(PV)_{T_2, P \rightarrow 0}}{(PV)_{T_1, P \rightarrow 0}}$; on obtient une échelle absolue en utilisant un point fixe (ici, prendre un mélange eau glace = $273.15^\circ C$). On vérifie la linéarité du thermomètre à gaz (en considérant comme référence de température le thermomètre de platine) en traçant $(PV)_{T, P \rightarrow 0} = f(T_{platine})$.

2. Thermomètres de référence

- (a) Thermomètre de platine : étalon de température sur plage usuelle. Vérification de la linéarité et de l'étalonnage sur points fixes (Azote en ébullition, fusion de l'étain -au refroidissement pour diminuer les gradients de température - , eau-glace et eau bouillante - à corriger en pression).
 - (b) Pyromètre optique : pour températures supérieures (utilisation du corps noir) : manip avec le corps gris et le filament de Tungstène (pyromètre optique). Ref pour lois et principe.
3. Thermomètres usuels
- (a) Thermistance : tracé de la courbe d'étalonnage à partir du thermomètre de platine. Vérification de la courbe théorique (comparaison du fit avec le gap su Si : Quaranta (Electricité)?)
 - (b) Thermocouple : vérification de la linéarité par rapport au th de platine : une soudure dans l'eau glacée, une soudure dans de l'eau qui refroidit.
4. Mesures de température
- (a) Temps de réponse d'une thermistance (avec hacheur optique et QI concentrée)
 - (b) LM335 : composant électronique avec un seul degré de liberté d'étalonnage => linéaire autour du point d'étalonnage, pas linéaire loin. A voir si fonctionne correctement.

M5 : Transitions de phase

Plan

1. Illustrations qualitatives
 - (a) Bouillant de Franklin : expliquer par le diagramme liquide vapeur de l'eau à T constante. Autre possibilité : pompe à vide fait bouillir de l'eau; montrer marteau d'eau.
 - (b) Transition ferro-para : clou chauffé au rouge par un bec, attiré par un aimant : oscillations (chaîne en trombones)
 - (c) Equilibre solide-vapeur : sublimation du diiode (diiode en cristaux et coupelle au dessus; faire remarquer l'absence de phase liquide).
 - (d) Point triple de l'azote : coexistence de trois phases sur un point fixe; suivi de la température et de la pression avec thermomètre et capteur de pression; correspond plus à un étalonnage des capteurs qu'une mesure des caractéristiques du point triple. A FAIRE.
2. SF6
 - (a) Tracé des isothermes du SF6 : prendre un ou 2 points en direct, montrer l'ampoule.
 - (b) Calculer le développement du Viriel de SF6. TRacé en $1/V$.
 - (c) Contournement du point critique??? Long : voir si on a le temps.
3. Transitions de phase du premier ordre
 - (a) Formule de Clapeyron à partir des isothermes de SF6 : sur 2 points comme dans la notice ou la courbe entière? ../ Marmite de Papin???????????
 - (b) Fluctuations de densité autour du point critique (à faire au refroidissement). Interprétation avec G en AX^4 .
4. Transitions conducteur/supraconducteur
 - (a) Effet Meissner (Perez EM???)
 - (b) Caractère de conducteur parfait (Courbe $R(T)$).

M6 : Ondes sonores et ultrasonores.

Plan

Manips sans problème mais plan à trouver!!!!

M36 : Propagation libre et propagation guidée.

CR à faire

M40 : Acquisition, analyse et traitement de signaux.

Montage/CR à faire.

M41 : Asservissement

1. Asservissement tout ou rien
2. Asservissement en courant de la MCC
 - caractéristique d'intensité en boucle ouverte (K et τ_{BO})
 - bouclage (rapport 1) : $\tau_{BF} = \frac{\tau_{BO}}{1+K}$ amélioré mais erreur statique reste.
 - bouclage avec un rapport supérieur : $\tau' = \frac{\tau}{1+KG}$ plus rapide mais encore erreur statique. limitation : saturation AO et reste.
 - correcteur PI : calculer les valeurs de R_4 et C pour obtenir ordre 1 (au moins pour le calcul, à garder pour soi). En déduire la valeur de R_3 pour un τ désiré; Mesurer τ et comparer à la théorie. Faire varier R_4 et montrer les différents modes (ordre 2, dépassement).
 - Limitations de l'asservissement : limitation par les tensions de saturation des AO, et par la limitation 0-10V sur le rapport cyclique. Voir dépendance de l'asservissement avec la charge. Problème avec un signal de consigne bruité si τ global trop faible : pour l'asservissement en vitesse, on a intérêt à dégrader les performances de notre τ . Sensibilité aux perturbations (en faisant varier la charge).
3. Asservissement en vitesse : réutiliser le module précédent comme système à caractériser.
 - caractéristique Vitesse en boucle ouverte (idem : K et τ_{BO})
 - même démarche que ci dessus, on peut moins bien calculer le PI.

M42 : Phénomènes de transport.

Plan

1. Transport de matière
 - (a) Convection dans un tube rectangulaire
eau + qqs cristaux permanganate : visualisation diffusion et convection thermique.
 - (b) Diffusion glycérol dans l'eau
laser, lentille cylindrique, cuve étroite et écran; REF Sommerfeld Optics vers la fin. Faire avec un mélange 70%eau /30%glycérol (en volume) sinon pas beau (ménisque empêche projection). Laisser tourner la manip, montrer en direct dernier point.
2. Transport de charges
 - (a) Mesure de la mobilité des ions H_3O^+
électrodes de surface S, tension aux bornes des électrodes, donne $R = 1/\sigma S$ et $\sigma = \mu_{H_3O^+} F \cdot (H_3O^+) \dots$ à priori pipeau car potentiel d'électrode? ..? ..? demander à un chimiste.
 - (b) Mesure de la mobilité des porteurs dans un SC dopé???

3. Effets thermo-électriques

(a) Principe du thermocouple

faire avec chromel alu-mel entre azote liquide et glace fondante / eau bouillante / fusion étain -> droite avec 3 points et mesure du pouvoir thermoélectrique en $\mu V/K$.

(b) Effet Seebeck : à revoir.

4. Conductivité thermique

barre calorifugée et table tracante : calculs dans le quaranta.

M43 : Exemples de phénomènes non linéaires. Applications.**Plan**

1. Phénomènes non linéaires

(a) Dispositifs électroniques, utilisation

- Diode : FFT, utilisation de la composante continue dans le redressement.
- Multiplieur : FFT signaux entrée, FFT signaux de sortie : transposition de fréquence.

(b) Détection quadratique

laser pédagogique + photodiode rapide et analyseur de spectre : battements entre 2 modes longitudinaux ($\Delta\nu = c/2L$)

(c) Phénomène d'hystérésis

- macroscopiquement : tracé du cycle d'hystérésis : avantages, inconvénients (transfos, mémoires)
- microscopiquement : visualisation des domaines de Weiss

2. Oscillateur non linéaire

(a) Oscillateur paramétrique : oscillateur ressort + masse, couplage NL entre θ et L (Bergé) : $\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{g}{l(t)}\theta$; amplifié si $\frac{k}{m} = 2\rho\frac{g}{l}$

(b) Oscillateur à résistance négative : RLC simple, influence de R sur l'amortissement (long si quantitatif); résistance négative : caractéristique (Duffait) et détermination paramètres; établissement des oscillations avec montage perso (Rc quantitatif), et XY avec plaquette. Rôle de la non linéarité : éviter l'explosion (limitation de la valeur de U : R=Rc impossible exactement)

(c) Oscillateur de Duffing

potentiel en X^4 : force en x^3 : NL. Se placer à BF (50-100Hz); régler le puits (en le visualisant en XY); brancher le tout, se placer à haute amplitude et montrer l'ellipse; localiser l'excitation; baisser la tension d'excitation, voir les dédoublements, le chaos, et finalement l'arrivée sur un puits. (Pour être précis : prendre un GBF et surtout un oscillo HP : le XY est merdique sur les Tektro.)

(d)

M44 : Mesure des longueurs d'onde**Plan**

1. Mesure de longueurs d'onde en mécanique (faire très attention aux incertitudes)

(a) Ondes de surface; λ en fonction de la fréquence (valeur théorique de c : Guyon; ne pas en parler??); fixer la fréquence du strobo, et faire varier l'excitation. Beaucoup d'incertitudes.

(b) Ondes ultrasonores (dans l'air, dans l'eau??) : penser à compter les déphasages en XY

- (c) Corde de Melde: λ en fonction de la fréquence et de la tension.
- (d) Diffraction acousto-optique: diffraction du laser sur un réseau de densité NON STATIONNAIRE.: $\lambda_0 = c_{\text{éthanol}}/\nu_{HF}$; $i = \lambda_{\text{laser}}D/\lambda_0$ soit $\lambda_0 = \lambda_{\text{laser}}D/i$; vérifier $c_{\text{éthanol}} = \lambda_0\nu_{HF}$.

2. Mesures de longueur d'onde dans le domaine électromagnétique

- (a) Mesure de la longueur d'onde d'un He-Ne au Michelson (au compteur de franges). Régler le mike pour avoir un maximum de punch sur la photodiode (en gros, ne pas prendre le mike en Kit).
- (b) Banc hyperfréquence: mesure de longueur d'onde d'ondes centimétriques en fonction de la fréquence; retrouver la loi (atténuateur pour avoir la fréquence, ondes stationnaires pour avoir la longueur d'onde dans le guide)
- (c) Spectro: mesure du Rydberg à partir des λ de H (étalonner spectro avec laser vert et rouge suivant λ)

M45: Interférences dans différents domaines de la physique.

Plan

1. Mise en évidence

- (a) Cuve à ondes: montrer les interférences, hyperboloides de révolution, interférence en fonction de la fréquence, montrer pourquoi au strobo.
- (b) Interférences en optique: franges d'interférences en lumière blanche avec fentes d'Young ou miroirs de Fresnel. Comparer le même phénomène que cuve à ondes, parler des différences (pas monochromatique = interférences différents).
- (c) Interférences en acoustique: interférences des US. En profiter pour faire un blabla sur les détecteurs.

2. Caractérisation physique

- (a) Fentes d'Young et cohérence spatiale: montage avec laser épuré et banc d'optique avec caméra CCD en bout; montrer influence de la largeur de la fente source sur la visibilité. Comparer avec la valeur théorique. (REF: Perez optique)
- (b) Interférences à ondes multiples: réseau à 5 fentes sur le même banc: montrer que les franges claires ont bien définies. Penser à le faire partir pour l'agreg.
- (c) Cohérence temporelle: Michelson et enregistrement filtre: largeur spectrale d'un filtre.
- (d) Influence de la polarisation: sur Michelson en Kit.
- (e) Michelson à ondes centimétriques.

M46: Ondes stationnaires

Plan

1. En mécanique

- (a) Ressort excité: suspendre le ressort par un bout, et utiliser un vibreur que l'on monte sur un push pull de puissance et un GBF; on montre qualitativement l'existence de modes. Si faisable, montrer la raison des ondes stationnaires en tant que superposition d'ondes progressives en balancant une impulsion qui se réfléchit.
- (b) Corde de Melde: utiliser la grosse corde pour montrer qualitativement les caractéristiques générales, et utiliser la corde de guitare avec capteur pour faire les mesures: longueur d'onde en fonction de la tension, fréquence d'excitation, voire TOS cause non immobilité de l'excitateur.) Ref: Olivier ondes ou Perez. Un des derniers Bups parle de l'influence des frottements.

2. En acoustique

ondes stationnaires dans un tube de kundt (montrer dépendance en fonction de la fréquence, parler de TOS en fonction de l'impédance du bouchon.) Ref Perez pour formules.
3. En électromagnétisme
 - (a) Mesures de TOS et d'impédance de divers milieux dans un guide d'onde hyperfréquences (Tout est dans la notice complète).
 - (b) Battements de modes dans une cavité laser (ref???)

M47: Résonances

Plan

1. Etude des résonances : caractérisation quantitative

Grosse manip quantitative du montage; simple mais à bien faire et pas si rapide que ça. Circuit RLC série: prendre L#1H et la grosse boîte de condensateurs (max 900nF): donne une fréquence de résonance aux environs de 500Hz, facile à voir avec ordi et oscillo. Mesurer composants (en particulier L, au LC-mètre); mesurer aussi la résistance de la bobine et en tenir compte (attention, elle augmente avec la fréquence: peut donner un R à la résonance supérieur).. $\frac{1}{2\pi\sqrt{1*100*10^{-9}}} = 503.29 Hz$. Biblio pour formules: Duffait électronique.

 - Résonance en intensité: prendre R,L,C série + R_{mes} entre Y_B et masse. Repérer en direct et en XY la fréquence de résonance. Comparer au calcul. Tracer pour Rmini le diagramme en phase; montrer en direct qqs points (loin de la résonance, à la résonance), en variant f à la main, et en visualisant les tensions à l'oscillo.

Montrer résonance en intensité avec l'ordinateur (attention à l'échantillonnage de Pasco dégeulasse: se placer sur un petit calibre avec le thandard, de manière à balayer une tension de rampe suffisante, et régler les niveaux de manière à pouvoir se placer en *10). Influence de R: faire les calculs de quelques facteurs de qualité en préparation (en exportant sous Igor pour rétablir les fréquences - à noter sur le début et la fin du sweep -). Influence de c: idem. En direct: montrer quantitativement un facteur de qualité en mesurant à l'oscillo, et montrer ensuite qualitativement les courbes de résonance à l'ordi.
 - Résonance en tension: virer la résistance de lecture, mettre le condo à la place. Montrer existence ou non de la résonance en tension avec Pasco, encadrer Rlimite (et comparer à la valeur théorique). Comparer la valeur de la fréquence de résonance.
2. Autres exemples de résonance
 - (a) Résonateur de Helmholtz

HP, micro, ampli micro (*1000, inverseur), oscillo. Montrer résonance en autostore sur l'oscillo, pointer résonance, mesurer Q. Comparer avec théorie (REF Calculs???) . Blabla sur importance des résonances en acoustique (cordes vocales).
 - (b) Corde de Melde

montrer résonance pour harmoniques $f_0, 2f_0, \dots$ trouver REF avec calculs (Olivier ondes?)
 - (c) Résonance atomique: lampe à vapeur de sodium/ lampe à vapeur de mercure.
 - (d) Résonance paramétrique

moteur avec variateur de vitesse, et pendule. Masse petite, longueur fil # 25cm et moteur à 120tr/mn. Calcul simplifié théorique: $\ddot{x} + \omega_0^2 x = -\omega_0^2 f(t)$; si $f(t)$ contient qqch qui donne du ω_0 avec les oscillations libres à ω_0 (genre du $2\omega_0$), alors le système explose.

M48 : Couplage des oscillateurs.

Plan

1. Oscillateurs couplés par fil de torsion (acquisition battements, symétrique, anti-symétrique et traitement sous Igor)
2. Oscillateurs LC couplés par couplage inductif (CF Quaranta, faire les mêmes réglages que lui). En régime forcé, faire une excitation des modes symétriques et antisymétriques (alimentation des deux côtés)
3. Couplage de N oscillateurs LC (maquette toute prête??): visualisation de la réponse en régime libre en FFT : détermination des modes propres; bouclage = mêmes équations que le Benzène. (formules - pas Benzène- dans Perez Meca)
4. Wilberforce (linéaire) (catégorie des oscillateurs auto-couplés : couplage entre les deux degrés de liberté) Exos du Perez Meca et notice.
5. Non linéaire : pendule élastique : Bergé (de l'ordre dans le chaos)

M49 : Impédances dans différents domaines de la physique.

Montage/CR à faire.

M50 : Mesure de constantes physiques fondamentales; matérialisation des unités.

CR à Faire

Chapitre 2 MONTAGES D'OPTIQUE

M7 : Formation des images par les instruments d'optique; champs, aberrations et résolution spatiale.

Plan

Montage 100% Duffait : toutes les manip y sont, ainsi qu'une bonne partie de la théorie.

1. Projecteur diapo; aberrations, profondeur de champ.

(a) Première réalisation, observations

lampe QI sans condenseur, diapo (mire Kodak), grosse lentille pas 4p, écran. Observation : luminosité pas uniforme, aberrations géométriques et chromatiques; mise au point difficile. Rajout condenseur : éclairer la diapo de manière uniforme (règle le problème de luminosité) sans projeter le filament au centre de la lentille. Expliquer aberrations qui restent.

(b) Aberrations géométriques

introduction : développement à l'ordre 3 des écarts à la position, classification des aberrations géométriques. Compréhension pour solutions.

- aberration longitudinale principale : avec tableau magnétique, montrer en blanc la différence entre rayons paraxiaux et marginaux; illustrer plus plat plus près sous la bonne forme (rayons le moins inclinés). Montrer la caustique avec transparent et laser épuré, sur grosse lentille (cadre en bois); utiliser une lentille divergente pour bien élargir le faisceau du laser. Déplacer l'écran pour voir la caustique.
- Coma : utiliser la lentille spéciale coma, avec le cache (aberrations hors axe). Attention, grande focale (faut au moins 4m pour imager le trou). Montrer, expliquer.
- Astigmatisme : pas fait; manip pas simple dans le Duffait; possibilité de l'illustrer avec lentille cylindrique.
- Distorsions : coussinet, barillet par rapport à la sélection des rayons qui sont en jeu. Prendre la lentille spéciale aberrations sphériques.

(c) Aberrations chromatiques

(dépendance de n en fonction de λ : prisme); montrer qualitativement sur tableau, quantitativer si possible (ref pour la dispersion d'un verre : Perez) avec lentille spéciale aberrations chromatiques (avec cache au centre). Utiliser des filtres, et une caméra par derrière pour le Jury (?). Pouvoir dispersif du verre, montrer disparition quasi totale avec doublet à la place.

(d) Retour sur techniques de projection

refaire une projection de la diapo en respectant les règles déduites de ci dessus.

(e) Profondeur de champ, FTM

manip de la profondeur de champ (Duffait appareil photo). FTM avec mire radiale (inversion de contraste marche pas trop mal, mais influence au centre avec diaphragme pas terrible (essayer de trouver une lentille avec diaphragme incorporé). Mettre une caméra derrière le dépoli (si résolution caméra suffisante).

2. Lunette astronomique

manips dans le sextant : mettre en évidence les pupilles et champs, manières d'augmenter luminosité (verre de champ), champ de contour et autres. Discussion sur la résolution assez salée. Manip à faire.

M8: Cohérence spatiale et temporelle des ondes lumineuses. Longueurs de corrélation.

Montage à revoir

Plan

1. Cohérence spatiale
 - (a) Les fentes d'Young
présentation, influence de a , influence de la taille de la Source.
 - (b) Le Mike
anneaux d'égale inclinaison (amélioration en diminuant taille source ou en localisant à l'infini)
franges d'égale épaisseur : localisation des franges
2. Cohérence temporelle
 - (a) Influence de la largeur spectrale de la source
lampe HP froide/chaude; longueur de cohérence.
 - (b) Blanc d'ordre supérieur (spectre cannelé)
franges réapparaissent avec filtre
 - (c) Filtres colorés et interférentiels
(spectro par TF : à faire correctement une fois...)
 - (d) Spectre cannelé
modulation de λ cosinusoidale

M9: Diffraction des ondes lumineuses

Plan

1. Le Phénomène de Diffraction

Faire toute cette première partie à l'aide de Scion (plus pratique que différents montages, avec CCD et autres). Pas vraiment besoin de références, si ce n'est Bruhat pour discussion Fresnel.

 - (a) Diffraction de Fresnel
Faire un montage stable sur un banc d'optique, avec le laser épuré, la caméra de Scion, une lentille pour former un faisceau parallèle et placer les objets (bord d'écran et fente). Observer images, faire profils. Déplacer objets pour montrer évolution, agrandir fente; discussion de Fresnel dans le Bruhat (A VOIR).
 - (b) De Frenel à Fraunhofer
même montage, avec fente, déplacer la lentille pour faire un faisceau convergent. Au point image, on a du Fraunhofer, ailleurs du Fresnel. Montrer l'évolution vers Fraunhofer d'une fente, qualitativement. Attention aux saturations; rajouter des densités si nécessaire (voire un polariseur/analyseur quand on est proche de Fraunhofer).
 - (c) Fraunhofer : lien avec la TF (invariance par translation, fréquences spatiales inversement proportionnelles aux dimensions). Enregistrer Fraunhofer d'une fente, exporter sous Igor et essayer de fitter avec un sinc^2 . Ne pas trop chercher à avoir les pieds du sinc^2 : dynamique pas assez importante (on peut tricher un peu avec la hauteur du cadre de moyennage sous Scion).
2. Applications et conséquences
 - (a) Limite de résolution : critère de Rayleigh
critère de Rayleigh = max d'un pic sur min de l'autre. Wollaston, laser et fente : montrer qualitativement critère de Rayleigh.
 - (b) Mesure de petites dimensions : Sextant. Poudre de Lycopodes ou vapeur d'eau.

- (c) Filtrage spatial : modifications dans le plan de Fourier d'un objet.
 strioscopie : placer point permet de couper les basses fréquences (plume OK, éthanol dans l'eau??)
 expérience d'Abbe : transformer une grille dans tous les sens.
- (d) Réseau acousto-optique : Perez d'optique; installation, mesure vitesse du son dans l'éthanol. Attention, on n'a pas d'ondes stationnaires; mais comme Fraunhofer indifférent à la translation OK. Voir manip de détection hétérodyne.

M10 : Spectrométrie optique ; résolution.

Plan

1. Prisme

- (a) Polyprisme : Sextant. Faire un faisceau parallèle avec la lampe au mercure HP. Faire une fente d'entrée, intercaler le prisme, et conjuguer avec une 2ème lentille. Montrer les différentes dispersions. Se placer au mini de déviation pour 1 ou 2 prismes. Evaluation de la résolution : étalonner x en longueur d'onde avec raies, évaluer δx et une résolution $\lambda/\delta\lambda$. Montrer influence largeur fente (qualitatif).
- (b) PVD : Sextant. Montage donnant stigmatisme approché (équivalent à couper la lentille en 2 parties et placer le prisme au milieu). Suivre la procédure du Sextant pour évaluation de - la dispersion angulaire (du jaune), - étudier l'influence de la largeur de la source (se placer à la limite de résolution du doublet, mesurer α : donne la résolution R) - limitation par diffraction.

2. Réseau

- (a) Manip équivalente à l'analyse du monochromateur à réseau du Duffait. Monter le spectro à réseau à miroirs sphériques . Séparation du doublet du sodium si suffisant, observer effet fente sur forme pics (taille pixel CCD = taille fente de sortie). Etalonner la barette avec mercure, et mesurer doublet et largeur pic monochromatique -> résolution. Vérifier que cette résolution est inférieure à la résolution théorique.
- (b) Application : Mesure de la constante de Rydberg avec spectro à fibre.

3. Spectro interférentielle

- (a) Cavité confocale : calculs et théorie dans le Duffait; prendre photodiode ronde; réglages approximatifs de la longueur de la cavité et du parallélisme, et laser tq on a 2 taches en sortie. Placer le détecteur sur une des 2 taches. Visualiser rampe et pics, et optimiser L pour avoir intensité maximale. Cavité confocale $\nu_n = n\frac{c}{4L}$ alors que cavité laser $\nu_n = \frac{c}{2L}$. Photodiode : si R trop fort, RC lent et perte finesse. Montrer polarisation des modes avec un polariseur. Mesure de la résolution / finesse de la cavité : Perez d'optique, mais avec un facteur 1/2 à cause du $c/4L$.
- (b) Spectro par TF : Mike en anneaux, moteur et Pasco; faire un ampli pour la photodiode qui coupe le 50Hz (faire le calcul de R et C); étalonner le déplacement temporel avec le sodium. Mesurer la largeur d'un filtre interférentiel / d'un filtre coloré. Résolution théorique / pratique. S'entraîner à faire le calcul. (manip allongeable à souhait pour finir si peu de temps.)

M11 : Interférences lumineuses.

Plan

1. Interférences à 2 ondes, généralités

- (a) Division du front d'onde

- Miroirs de Fresnel : lampe, miroirs, fente. Attention à ne pas confondre la diffraction de bord d'écran avec les franges. Orientation de la fente importante sur contraste. Montrer cohérence spatiale en élargissant la fente. Mettre une caméra??? Pourquoi opérer en lumière blanche : interfrange incalculable, mais on peut montrer l'ordre 0???
 - Fentes d'Young : en monochromatique (avec Laser), et en blanc (idem); montrer influence écartement des fentes, influence distance à l'écran, expliquer brouillage par translation fente entrée (sauf si on est dans les conditions de Fraunhofer). Visualiser avec une caméra (SCION), quantitatif avec monochromatique.
- (b) Division d'amplitude
- Utiliser le Didalab (instable à régler mais lumineux) et lampe au Sodium. Mike en lame d'air au plan focal. Se placer au contact optique (bien faire le réglage de la séparatrice en préparation pour éviter de se taper des ovales trop moches). Passer en lumière blanche et observer les teintes de Newton. Remettre Sodium, passer en coin d'air, imager la surface de localisation.
 - Cohérence spatiale : en coin d'air, sans projection, changer le contraste avec une fente. A faire!!! et expliquer. En lame d'air, idem avec un diaphragme. (discussion ordre 1,2 ou 3 en $\delta(x)$: ref???)
 - Cohérence temporelle : comparaison en lame d'air entre brouillage HG HP froide ou chaude.
 - Polarisation : montrer cela avec séparateur de faisceaux plutôt qu'avec le Mike en kit. A tester.

2. Mesures interférométriques

- (a) Mesure de l'indice de l'air : laser en Kit, comptage de franges d'où indice de l'air (idem : exp bonus!)
- (b) Mesure de petits déplacements : avec FP, laser He-Ne épuré, en comptant le nombre de franges, comparer avec instrument de précision (étalonner le Vernier du FP par exemple)
- (c) Mesure décalag isotopique (pas facile du tout à voir...) ref Duffait.
- (d) Visualisation d'écoulements / différences d'indice (mike en blanc, gaz briquet / fil ou lamelle couvre-objet.)

M12 : Biréfringence naturelle et biréfringence induite. Applications.

Plan

1. Mise en évidence de la biréfringence

- (a) Division du faisceau (Duffait)
prendre cristal de calcite (Spath d'Irlande); éclairer en lumière pas trop parallèle, et placer une divergente en sortie du cristal pour augmenter l'écart; prendre une QI ou le laser vert (non polarisé? .?), montrer division du faisceau, un faisceau plus dévié que l'autre; montrer que les polarisations sont orthogonales. Pas vraiment possible de montrer ordinaire / extraordinaire.
Application : Nicol (polariseur)
- (b) Identification des lignes neutres, axes rapides et lents
faisceau parallèle; placer P+A croisés; rajouter lame, repérer extinctions en la tournant : lignes neutres selon direction P et A (pour pointé précis, utiliser un Nicol en entrée : polarisation bien pointée). en dehors, couleurs (utiliser la lame 60μ : lie de vin pour PA croisés (expliquer rapidement couleur), jaune-vert pour PA parallèles... le montrer avec le Wollaston...). Pour axe rapide/axe lent, tourner la lame sur son axe (toujours avec PA croisés ou parallèles, mais à tourner en bloc pour que l'axe soit vertical. On voit changer la couleur, correspondant à axe rapide/axe lent... EXPLICATION???????????)

2. Mesures de biréfringence

- (a) Utilisation de l'échelle des teintes (Duffait/Sextant) d'où δ et Δn ou e ... peu précis...
- (b) Spectre cannelé : montrer sur écran avec le PVD (image trou, et PVD proche lentille); utiliser la lame spéciale spectre cannelé, avec PA déjà croisés / faire acquisition avec spectrawin, exporter sous IGOR (penser à virer les commentaires en début de fichier et les ;); tracer intensité en fonction de λ^{-1} et fitter dans la partie acceptable par un sinus. Calculs dans Duffait ou Sextant... Assez peu d'influence de $n(\lambda)$.
- (c) Compensateur de Babinet : mise au point écran sur réticule Babinet; PA croisés, orientés à 45° babinet (vérifier contraste max) , filtre couleur : faire étalonnage vernier en $\Delta n.e = \alpha Vernier = p\lambda$ (en comptant les franges). Rajouter la lame, enlever le filtre et ramener la frange noire d'ordre 0 au centre: donne $\Delta n.e$ pour la lame; en déduire Δn connaissant e ou réciproquement.

3. Applications

- (a) Visualisation de contraintes : plexi sous contraintes , soit au rétro entre polaroids, soit sur banc avec pied.
- (b) Cellule à effet Pockels : modulation faisceau laser, sert d'interrupteur dans cavités lasers impulsions (avant = prisme tournant en réflexion totale)
- (c) autres idées???

M13 : Production et analyse d'une lumière polarisée.

Plan

Références 100% Sextant Duffait.

1. Production de lumière polarisée
 - (a) Polarisation rectilignes
 - Diffusion Rayleigh; blabla classique et dessin dipôle...
 - Prisme de Nicol : polarisation "géométrique" très propre. Montrer loi de Malus (pas évident cause Nicol pas rond; diverger et chopper seulement le centre), faire remarquer bonne absorption IR.
 - Dichroïsme : Nicol/Polaroïd de mauvaise qualité; caractérisation par taux d'extinction au spectro à fibre. Montrer peu extinction IR et UV.
 - Réflexion vitreuse : Verre noirci et pyramide.
 - (b) Polarisation circulaires et elliptiques
 - Lame $\lambda/4$: axes parallèles direction de polarisation incidente, angle θ : montrer production circulaire avec polariseur ou Wollaston
 - Cellule à effet Pockels : ???
2. Analyse d'une lumière polarisée
 - (a) Polarisation rectiligne
 - Analyseur à Pénombre ou plutôt biquartz de Soleil (plus lumineux).
 - (b) Polarisation elliptique
 - Ellipsomètre sur table.
 - (c) Taux de polarisation (d'un laser à semi conducteur)

M14 : Polarisation rotatoire

Plan

1. Polarisation rotatoire : mise en évidence et propriétés
 - faire tout sur banc d'optique avec source blanche; faire découvrir polarisation rotatoire; différence avec biréfringence : pas d'extinction; étude du phénomène : sensibilité à l'inclinaison, problème de $k\pi$ de rotation (à réfléchir), linéarité en épaisseur, dépendance en longueur d'onde... penser à faire quelques expériences avec un laser (le vert par exemple) pour les expériences "pédagogiques". Tout ce début est dans le couple Sextant/Duffait. Attention aux incertitudes.

2. Spectre cannelé: dépendance en longueur d'onde
faire un spectre cannelé au spectro à fibre, exporter sous IGOR, traiter comme dans Sextant/Duffait (en déduire pouvoir rotatoire spécifique en fonction de λ , comparer aux valeurs ci dessus et aux valeurs tabulées.)
3. Le glucose
provenance de la polarisation rotatoire; détermination de la concentration en glucose.
4. Effet Faraday: utiliser le verre en flint spécial effet Faraday, le gros électroaimant, un autotransfo et un pont redresseur à diodes (justification de pas alternatif par inductance de l'électroaimant); utiliser le laser vert (non polarisé). Relever 2α en fonction de I, et étalonner B en fonction de I; en déduire une approximation de la constante de Verdet du matériau (discuter l'erreur). Mentionner utilisation comme antiretour optique.
5. Biquartz de soleil: pour combler le temps: précision du pointé, en monochromatique, en lumière blanche... avantage par rapport aux analyseurs à pénombre et autres.

M15: Emission et absorption dans le domaine optique (Visible, IR, UV; l'étude des sources est incluse, celle des photorécepteurs exclue).

Plan

1. Emission spontanée
 - (a) QI: principe de fonctionnement dans Sextant et Duffait. Corps noir $\lambda_m T$ constant; détermination λ_m au spectro à fibre et étude en fonction de I. En supposant $T\alpha I^2$, montrer lois ($\lambda_m I^2$ et effondrement en I^8). Sinon, rester qualitatif. Monter qualitativement avec le PVD. (Manip pas à faire d'après JFR)
 - (b) Lampes spectrales: spectres au spectro à fibre et au PVD. Montrer les raies UV avec du papier blanc. Voir cohérence temporelle avec Michelson (avec filtre): Hg HP/BP ou chaude/froide, ou même simplement largeur raie d'émission tout court. A faire (voir si on peut être \pm quantitatif...)
 - (c) Chimiluminescence: exp dans Blanchard, avec Luminol+soude, mélanger avec eau oxygénée. A faire.
 - (d) Fluorescence: spectr d'émission/absorption de la fluorescéine excitée par une Hg HP. A faire.
2. Absorption
 - (a) Etude de filtres (au spectro à fibre?): filtre coloré, filtre interférentiel ou densité/anticalorique. (Sextant)
 - (b) Loi de Beer Lambert: spectro à fibre... à voir si faisable...
 - (c) Résonance optique avec lampes Na: Duffait
3. Emission induite
 - (a) Visualisation des modes transverses (laser en it, réglé, dérégulé, sur CCD ou Scion): A faire.
 - (b) Observation des modes longitudinaux: cavité confocale: OK.
 - (c) Polarisation d'un laser semi conducteur.

M16: Quelques propriétés et applications des lasers.

A faire... Photocopier CR? ...

M17: Photorécepteurs. Caractéristiques métrologiques (sensibilité spectrale, linéarité, résolution). Applications.

Plan

Intro: cellule photovoltaïque + moteur: conversion d'énergie. Pas vraiment de références, voir Quaranta pour semi conducteurs et mécanismes de photoconversion, Duf-fait/Sextant à voir... essayer de trouver mieux.

1. Photodiode

(a) Caractéristique courant-tension

faire la caractéristique courant tension avec le boîtier fait pour; utiliser une alimentation flottante pour alimenter la diode, régler l'offset pour avoir une caractéristique OK; prendre polariseurs et analyseur pour moduler le flux. Si possible alimenter la lampe en continu pour avoir un signal plus propre. UTILISER LES BPW, pas les PIN10 qui donnent des caractéristiques aléatoires.

(b) Linéarité en flux (loi de Malus, penser à l'anticalorique); régler polariseur à 0 pour extinction, et prendre des points. Influence circuit électrique derrière (manips marches pas terrible avec les PIN, prendre des BPW... à retester)

- photodiode non polarisée sur résistance de charge: compromis sensibilité/linéarité; le faire avec le circuit de caractéristique, avec alim en 0V (alim coupée?)
- photodiode polarisée sur résistance de charge: alim stab en -X Volts sur circuit caractéristiques. Devrait théoriquement améliorer la linéarité
- montage convertisseur courant tension à AO (équivalent charge nulle): utiliser la plaque toute faite, avec une résistance comme précédemment pour garder les mêmes niveaux. Devrait approcher du parfait; parler du pb de non linéarité de l'AO en plus.

(c) Temps de réponse: utiliser la diode laser pulsée; photodiode sur résistance de charge simple. Attention, manip tout à fait faisable, mais il faut faire les choses proprement pour éviter les perturbations radioélectriques. Trouver une interprétation....

(d) Sensibilité spectrale

manip clef du montage: trouver référence .?? .?? . notice?

- sensibilité (spectrale) d'un détecteur $\sigma_\lambda = i_{photodiode}(\lambda) / \phi(\lambda)$ en A/W; rendement quantique: $\eta = n_{e^- \text{émis}} / n_{photons \text{reus}}$; si η indépendant de λ , alors $\sigma_\lambda = \eta \frac{e}{hc} \lambda$ tant que $h\nu > E_{gap}$.
- manip: utiliser le hacheur optique et la détection synchrone. Zone à balayer 600-1200nm à cause du filtre coupe ordre; fentes entrée et sortie 1mm; "ventilo" vers 10-15 Hz, et détection synchrone à 12dB / 1s / Track. Faire les réglages de phase (rapidement) vers 900nm (max des deux détecteurs). Acquisition avec PASCO (prendre le mac - nouveau Pasco plus pratique, puis exporter sous IGOR). Sensibilité pour pas saturer: Pyro = 300 μ V et photodiode 10mV/1K). Rapport des deux courbes = sensibilité spectrale relative; Energie de Gap (valeurs dans quaranta, à Semi conducteurs) pour fréquence de coupure.
- Mesure absolue: avec mesureur de puissance He-Ne, puis Diode (prendre les valeurs crête): donne I photodiode et sensibilité spectrale pour λ du laser; "renormaliser" la courbe pour obtenir la sensibilité spectrale absolue, et le rendement quantique. Théoriquement, rendement quantique plat; ici droite décroissante, du peut-être à la proximité de l'énergie de Gap.

2. Photomultiplicateur

- ##### (a) Influence de la tension d'alimentation: Montage mécaniquement très instable (mauvais contacts de partout...); attention à ne pas griller le PM, garder $V_{PM} < 5-6V$; tension d'alimentation: tracer en log log $V_{PM} = f(V_{HT})$ (trouver ref pour forme théorique: $V_{PM} = KV_{HT}^{(\alpha n)}$ avec α coefficient de

perdes par dynode et n nombre de dynodes.) Problèmes de mesure de V_{HT} , quelle valeur prendre? ... conclusion: tension HT très stable car forte dépendance.

- (b) Défectivité: comparer avec He-Ne et densités monstrueuses une photodiode chargée sur 1M et un PM...

3. Applications

- au choix: détection de signaux IR (maquette toute faite, alimenter et observer)
- barette CCD (enregistrement sinc d'une tache de diffraction)
- détecteur de position (détection vibration diapason, peut-être long?)
- photodiodes JB...

M35: Optoélectronique

Montage à faire.

Chapitre 3 MONTAGES D'ÉLECTRONIQUE

M26 : Etude et utilisation des capteurs.

M27 : Principe et mise en oeuvre des multimètres. On n'omettra pas d'illustrer le principe d'un voltmètre numérique.

M28 : Instrumentation numérique.

M29 : Matériaux semi-conducteurs.

M30 : Exemples de modèles représentant un composant électronique ou un système électrique. Détermination des paramètres physiques. Utilisation.

M31 : Amplificateur opérationnel : caractérisation; application à la réalisation de fonctions électroniques.

Plan

1. Montage complet : capteur optique de position/ détecteur.

Module convertisseur courant tension, soustracteur, gain/filtrage, comparateur.

Tension Vs proportionnelle à la position de l'ampoule (??? est ce vraiment une proportionnalité? à étalonner...): mesure de position. Amplification de la différence et filtrage du bruit HF avec le module 3. Basculement de la tension de sortie avec le comparateur (détection de position).

2. Comparateur

- caractéristiques de l'AO en boucle ouverte: montrer caractéristique, faire remarquer le décalage au niveau du passage à 0 (offset), pente non nulle en zoomant bien (évaluation du gain en boucle ouverte). Faire cette caractéristique extrêmement lentement pour ne pas mettre en évidence le slew rate. Justification du modèle de l'AO idéal.
- Application: comparateur à hystérésis (éviter trop grosse sensibilité au niveau du déclenchement sur un passage: moins de sensibilité pour un signal bruité).

3. Gain et filtrage.

bouclage avec contre réaction sur l'entrée inverseuse permet de stabiliser le système. Exemple: amplificateur inverseur. Circuit linéaire de base, utilisation pour montrer quelques écarts à l'idéalité.

- Tension de décalage : fort gain (20-22), et V_e à 0 : Vs différent de 0. Compensation par un potentiomètre.
- Caractéristiques dynamiques
 - slew rate. En restant non saturé, montrer qu'en montant la fréquence, deux phénomènes apparaissent: gain baisse (phénomène linéaire, vu plus tard), et apparition d'harmoniques supplémentaires (slew rate). Montrer dépendance en $\frac{dV}{dt}$ en faisant apparaître le phénomène en montant l'amplitude. Caractériser le temps de montée en signal crénaux, comparer aux valeurs constructeur. Faire la mesure si possible sans saturation (un temps supplémentaire arrive a priori lors du passage saturé/non saturé: cf AO2).
 - produit gain bande: mesure de la BP à l'oscillo pour différents gains (faire un bode complet pour un gain, et relever les fréquences de coupure à -3dB pour les autres, et vérifier la constance et l'ordre de grandeur du produit gain bande.
- Applications: filtrage remplacer R par R//C: filtre. Tracer le diagramme de Bode du système. Avantage dans le montage: filtrage du bruit.

4. Soustracteur

Mesure du courant maximum en sortie (placer une charge variable en sortie) : montrer $Z=0$ en sortie dans une certaine plage (explication : l'AO et la contre réaction stabilisent la tension de sortie donc impédance virtuellement nulle; cependant c'est l'AO qui fournit la différence, dans une certaine limite : qqs 20-25mA). Faire attention : on a ici un système bouclé, ça n'a rien à voir avec l'impédance de sortie de l'AO non bouclé. Placer un milliampèremètre dans une des branches d'entrée et mesurer l'intensité entrante. Conclusion : on peut cascader les modules.

5. Utilisation : transimpédance

- utilisation de la grande résistance d'entrée de l'AO : convertisseur courant tension. Illustration de l'intérêt avec la caractéristique d'une photodiode : permet de conserver la linéarité en flux ET la sensibilité ...
- mise en évidence des courants de polarisation de l'AO (peut influencer sur par exemple une mesure du courant d'obscurité de l'AO?????) : montage avec interrupteur et charge de condensateur; faire attention à bien régler l'offset à 0 avant.

M32 : Filtres en régime harmonique et en régime transitoire. Applications.**M33 : Amplification en électronique : préamplification (amplification de tension) et amplification de sortie (étage de puissance et adaptation)**

Plan

Ne pas multiplier les montages, mais soigner les mesures et les discussions.

1. Nécessité de l'amplification

micro sur HP : problème. D'où amplification. Cahier des charges d'une bonne amplification (linéarité, puissance, rendement....)

2. Amplification en tension : avec AO

montage AO non inverseur : mise en évidence du gain; mise en évidence de la bande passante (produit gain bande) différence entre 10×10 et 100, apparition de non linéarités (saturation, slew rate). Insuffisance de ce préampli pour l'amplification de puissance (courant de sortie limité); problème d'adaptation (entrée : pour le micro OK : débite rien, pour la sortie, à comparer avec les caractéristiques de l'étage de puissance.)

3. Amplification de puissance

Push pull : utilisation de deux transistors symétriques (un pour chaque alternance, polarisation de repos tq $I=0$: économies). Monter push pull simple, et problème de distortion (de croisement : 0.7V de chaque côté.) Correction : utilisation de diodes ou de l'AO (selon JB, la correction à diodes suffit; avantage, on peut quand même caractériser une impédance d'entrée sur le push pull). Mesure des impédances d'entrée et de sortie (impédance de sortie pas évidente à mettre en oeuvre : trop faible ; le montrer). Mettre en évidence le phénomène de saturation (si nécessaire en baissant la tension d'alimentation). Discuter l'adaptation d'impédance (impédance d'entrée à comparer avec celle du montage de préamplification; sortie OK).

M34 : Télécommunication : mise en forme, transport et détection de l'information.

Montage à faire.

M37 : Oscillateurs quasi-sinusoïdaux et oscillateurs de relaxation.

Plan

Oscillateurs quasi sinus : les phénomènes non linéaires (indispensables : ils fixent l'amplitude des oscillations) sont faibles. Oscillateurs de relaxation : les phénomènes non linéaires fixent à la fois la fréquence et l'amplitude des oscillations.

1. Oscillateur quasi sinus: RLC résistance négative.

- Caractérisation d'un RLC série: en régime libre: oscillations amorties (influence de la résistance dans l'amortissement, mesure de la période d'oscillation libre, comparaison avec les valeurs de L et de C). Mesurer la tension aux bornes du condensateur.
- Caractérisation de la résistance négative: attention au choix du mode de bouclage (V-NIC et I-NIC), explications dans le Duffait. Mesure des R positives et négatives, et de la zone de transition.
- Condition d'oscillation: condition théorique, condition pratique: explication par rapport à la résistance de la bobine. (Ceci peut être expliquer l'espèce de zone instable que l'on observe quand Rneg est proche de la condition d'oscillation)
- Diagramme de phase: montrer le démarrage des oscillations, le cycle limite, et la déformation du cycle quand on monte la résistance (montrer l'écart au sinus en FFT).

2. Oscillateur quasi-sinus et facteur de qualité

- oscillateur à pont de Wien: modélisation de l'oscillateur comme chaîne directe (ampli) et chaîne retour (filtre): Duffait. Montrer condition d'oscillation, précision de la fréquence; dépendance par rapport à ce que l'on débite en sortie? ...
- Facteur de qualité d'un Quartz: utiliser le montage graphoquartz et le généré HP de précision; dans ce cas, on peut tracer le Bode; sinon utiliser le réglage fin de la plaquette sur un VCO quelconque.
- Oscillateur à quartz: recopier le montage de la plaquette de JB; attention aux parasites; lire la sortie derrière une porte NAND (pas de pb d'impédance).

3. Oscillateur de relaxation

- Oscillateur à intégrateur et comparateur: Duffait. RAS, marche bien.
- VCO: Duffait: plus dur à mettre en oeuvre.

M38: Propriétés et applications des circuits logiques; fonctions combinatoires et fonctions séquentielles.

M39: Mesure des fréquences temporelles (le domaine de l'optique est exclu). On n'omettra pas d'illustrer le principe du fréquencemètre numérique.

Plan

1. Fréquencemètre analogique

Ref: AO2 (monostable) + mise en forme du signal par un autre AO en comparateur. Utiliser des valeurs de R et C différentes que celles du bouquin de manière à avoir des pulses plus courts (et pouvoir monter en fréquence plus haut. Montrer les limites en fréquence (limite haute à cause du recouvrement des impulsions et limite basse à cause de????). Vérification de la linéarité, étalonnage. Mesurer V_{moy} à l'oscillo. Réfléchir à un autre moyen de mesurer V_{moy} (galvanomètre, voltmètre analogique). Calcul de F:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{T} \int_0^T V dt = \frac{1}{T} (\tau V_{cc} - (T - \tau) V_{cc}) \\
 &= V_{cc} \left(1 - \frac{2\tau}{T} \right)
 \end{aligned}$$

d'où f en fonction de τ , V et V_{cc} . Voir si on ne peut pas utiliser un monostable TTL plus fiable.

2. Fréquencemètre numérique

Maquette toute prête : voir notice pour les divisions de fréquence du Quartz. Mettre un signal plus fort que 5V pour avoir une mise en forme correcte. Mode fréquencemètre : compte les passages à 0 du signal mis en forme pendant une période du signal d'horloge divisé. Mode périodemètre : en inversant les fils : compte les passages à 0 du signal d'horloge pendant une période du signal mis en forme. Attention : le compteur a tendance à déconner, il faut compter sur des fréquences suffisantes. .? ... Si ne marche pas, on peut toujours utiliser le principe avec le compteur TTL du compteur de franges.

3. Analyseur de spectre

Maquette toute prête (ou à monter soi-même avec un quartz???) : multiplieur : multiplie le signal à analyser avec le signal d'un VCO entre 455KHz et $2 \cdot 455\text{KHz}$. En régime de fonctionnement normal (avec un signal à analyser entre 0 et F_0), on détecte les fréquences tq $f + f_\omega = F_0$; on observe un repliement de spectre avec des fréquences entre $2F_0$ et $3F_0$ (où on détecte les fréquences tq $f - f_\omega = F_0$). Etalonner, montrer spectres de sinus, créneau, triangle. Comparer avec oscillo et FFT. Montrer le repliement. Discussion à voir sur compromis filtre/vitesse de balayage/résolution...

4. Mesure de fréquence de rotation d'un moteur

comparaison entre laser + photodiode et tachymètre ou génératrice.

5. Autres manip.

banc hyperfréquences? ..? mesure de longueur d'onde donne fréquence par connaissance des caractéristiques géométriques du guide d'onde? .

Chapitre 4 MONTAGES D'ÉLECTRICITÉ

M18 : Mesure des capacités électriques; propriétés des diélectriques.

Plan

Montage chiant et sans aucun intérêt... sauf si quelqu'un invente des expériences qui le rendraient passionnant...

1. Propriétés des diélectriques

(a) propriétés de polarisation et d'isolation

Montrer avec électromètre et condensateur plan chargé en HT, que l'introduction d'un milieu diélectrique lie des charges (cause polarisation).

- polarisation : montrer la disparition des charges libres en insérant des diélectriques dans le condo plan HT, fait moins dévier l'électromètre. Penser à relier l'électromètre à la masse, et à décharger le condo quand on ne s'en sert plus. Comparer qqs diélectriques.
- isolation : champ disruptif (on peut régler le mini en dessous); faire claquer avec l'air, et insérer feuille de pochette : claquer plus; application aux condensateurs.

(b) mesures de ϵ_r :

- mesure de ϵ_r de diélectriques : avec gros condensateur et LC mètre, comparer les différents diélectriques. TROUVER REF pour les valeurs des ϵ_r des diélectriques. Comparer aux tables, expliquer les différences.
- mesure de ϵ_r d'un coax de 100m par la vitesse de groupe (impulsions et oscillo); incertitude sur valeur cause dispersion. Montrer disparition réflexion avec Zc. En déduire capa et L linéiques. REF Journeaux.

2. Mesures de capacités

- (a) Mesure de la constante de temps d'un RC (transitoire)
- (b) Mesure de l'amplitude et de la phase d'un RC ($C(\omega)$ en chaque point.)
- (c) pont de??? : cf Quaranta.
- (d) Capacimètre "numérique" avec fréquence oscillateur : Quaranta ou Journeaux. Essayer de coupler avec un compteur que l'on pourrait étalonner pour donner la capa directement... (manip à monter)
- (e) Montage dérivateur (intérêt?)
- (f) Capacité d'une bobine (à voir)
- (g) Capacité d'un condensateur plan : vérification de la loi en 1/e (bof...)
- (h) Capacité d'un coax. au LC mètre. (à faire)

Théorie / Biblio

Polarisation d'un diélectrique: PEREZ EM

Fonctionnement d'un LC-mètre: Notice de l'appareil

Modélisation d'un coax. : ?? PEREZ EM

Valeurs de la tension de claquage: ??

Circuit RC et dérivateur: ??

Circuit R,L//C: ??

Condensateur plan : PEREZ EM

M19 : Caractérisation des milieux magnétiques. Applications du ferromagnétisme.

CR à récupérer

Plan

1. Différents types de magnétisme

- (a) Approche qualitative : dia, para, ferro; comportement sur rétroprojecteur dans l'entrefer de l'aimant au néodyme. Verre = dia, se met dans les mini de champ ($F = X_m \text{grad } \frac{B^2}{2\mu_0}$), alors que alu (para) et fer (ferro) se mettent dans max de champ. Ref Quaranta Electricité.
- (b) Mesure de susceptibilité para : ref quaranta et Perez. Electro aimant monstre et tube de Quincke. On mesure le champ B en se replaçant au même I et en regardant au Teslamètre (ou alors faire une courbe d'étalonnage...). Il faut que la surface libre soit vers le milieu de l'entrefer, et le bas du tube loin d'un B important (c'est ça qui permet d'intégrer le gradient de B). Attention, il y a des incertitudes sur la surface libre (ménisque différent si monte ou pas). Attention à la mesure du Δh : il y a un facteur 2 par rapport à celle que l'on mesure sur le tube. Alimentation de l'électro-aimant : soit la grosse, soit 2 petites en série, soit autotransfo et redresseur. Baisser le tube pour que le niveau reste bien dans l'entrefer. Calcul du X_m solide : le quaranta se plante à priori : prendre la solubilité au lieu du ρ . Attention, beaucoup d'incertitudes, à évaluer correctement.

2. Ferromagnétisme

- (a) Visualisation des domaines de Weiss : utiliser le grenat ferrimagnétique, éclairé avec une QI et un polariseur. Placer le microscope avec polariseur et objectif de caméra. Montrer l'évolution de la taille (règle dans le grenat) en approchant un aimant : agrandissement des domaines correspondants. Attention, ne pas pousser les interprétations trop loin, on a un ferrimagnétique et pas un ferro (différence expliquée dans le Perez.) Montrer aussi les déplacements réversibles ou non.
- (b) Caractérisation d'un noyau ferromagnétique :
- cycle d'hystérésis, avec ferro, autotransfo, sonde de courant et analyseur réseau. Prendre la pince non alimentée (moins de chances de se planter sur les conversions et les piles...). Visualisation des cycles d'hystérésis (avec l'intégrateur à RC calculé pour, ou avec Igor en interfacant avec le tektro IEEE (pb de valeur moyenne à priori)). Formules et description dans TP cours Etude transfo HPREPA Electrotechnique II TP Cours. Approximation H et B moyens sur section. $U_2 = \frac{N_2 S}{RC} B$ et $I_1 = \frac{2\pi R}{N_1} H$. Hc et Br accessibles sur l'oscillo en moyennage temporel (plus précis).
 - Evolution des pertes avec B : méthode d'Epstein (prendre U au secondaire pour larguer les pertes cuivre) et tracer $P_{fer} = f \int B_{max}^2 \alpha U_{1eff}^2 \alpha U_{2eff}^2$; attention au facteur correctif en $N1/N2$; à f fixé, on ne peut distinguer les pertes par courant de Foucault des pertes par hystérésis.
 - Evolution des pertes avec F : alimenter avec hacheur 4 quadrants, et mesurer à excitation constante, et regarder l'évolution de Hc...??? ...¹
- (c) Etude du transfo : à vide, en charge, en court circuit : voir HPREPA TP cours?? A faire...

¹ Autre méthode, plus compliquée et qui ne marche peut être pas : alimenter avec hacheur 4 quadrants, mesurer la puissance avec le Tektro couleur, qui permet de moyenner la voie "mathématique". (autre possibilité : avec le Tektro IEEE et Igor, pour observer le cycle -il n'est pas facile de moyenner avec Igor). Prendre U_2 au niveau de la sortie (secondaire), faire attention à garder un rapport cyclique exactement égal à 1/2 (ajuster pour que I soit de valeur moyenne nulle??), et garder un U_2 constant. On a alors $U_2 = \frac{d\phi}{dt} \alpha \frac{dB}{dt}$; comme on a un signal en créneau, B est triangulaire, et B_{max} est en $\frac{U_2}{f}$; on a donc peut-être $P_{fer} = kB^2 f + k^0 B^2 f^2$ (Hystérésis + Foucault) et alors

$$P_{fer,lue} = k \frac{U_2^2}{f^2} f + k^0 \frac{U_2^2}{f^2} f^2$$

$$P_{fer,lue} * f = k U_2^2 + k^0 U_2^2 f$$

Expérimentalement, on peut interpréter tout comme on veut... le pb est que la formule des Pfer = ... est valable à forme de cycle donnée, ce qui n'est pas le cas quand on monte en fréquence.

Théorie/Biblio

- Ferro/Ferri/Para/Dia : Perez et Quaranta
- Transformateur : HPREPA
- Hystérésis : Perez, Hprepa.

M20 : Production et mesure de champs magnétiques de divers ordres de grandeur.

Plan / Manips

1. Production de champ de l'ordre du mT (le plus précis)

- Avec les bobines de Helmholtz réglables et le teslamètre qui va avec : champ créé par une spire (vérification de la forme du champ, vérification de la linéarité avec I), par deux bobines en configuration Helmholtz (vérification de la forme du champ). Référence Quaranta Electricité et Perez. Problème de dérive du teslamètre associé, mais quand même bien pratique. A priori surévaluation par rapport aux valeurs théoriques.
- Solénoïde : étude de $B(z)$ à l'intérieur pour la longueur max, étude de $B(z = 0, l/R)$: montre limites du solénoïde infini (recherche de l/R limite pour 95% du B infini). Référence formule des champs et manips à faire : Quaranta électricité et Perez.
- Aimants permanents : visualisation des lignes de champ avec limaille (ou petites aiguilles, mais pas terrible) (aimant droit et aimant en U)
- Champ tournant (transfo triphasé dévolteur et bobines Leybold) : aiguille (pas essayé) (si conditions OK fonctionnement synchrone) ou cage à écureuil (fonctionnement asynchrone : voir fonctionnement machine asynchrone dans HPREPA Electromag ou electrotech). Visualisation au strobo, mesure du glissement. Visualisation de $B(t)$ avec sonde Hall fait maison (pas essayé, sonde en réparation)

2. Champs de l'ordre du μT

- "mesure" du champ terrestre : égalisation de B de la bobine spéciale et du Bterrestre (du moins celui qui règne dans le labo) en mettant les aiguilles à 45° ; discussion sur la précision. Valeur du champ magnétique terrestre : Perez, formule du champ au centre de la spire : Perez ou Quaranta.

3. Champs de l'ordre du Tesla

- Champ dans l'entrefer d'un électroaimant : I fixé faire varier e, e fixé faire varier I. Calcul dans le Perez : on considère la réluctance de l'électro-aimant :

$$R_m = \frac{NI}{\phi} = \frac{l + e(\mu_r - 1)}{\mu_r \mu_0 S}$$

soit $B_{entrefer} = \mu_0 \mu_r \frac{S}{l + e(\mu_r - 1)} NI$; (Formule à vérifier) d'où les courbes à tracer : B fn de I (droite, normalement) et $1/B$ fn de e (droite aussi). Attention, garder un petit entrefer.

- Cycle d'hystérésis d'un matériau ferro : faire le cycle et donner le Bmax et le Hmax (valeurs assez importantes, de l'ordre du Tesla).

Théorie / Biblio

entre autres :

- Utilisation des Teslamètre : notices des appareils (simplissime)
- Sonde de Hall : Perez EM , pas facile, trouver mieux, et attention à se dépatouiller correctement avec le signe des porteurs, les sens des courants et autres subtilités simples mais casse gueule. Voir ce qu'il y a dans le Quaranta.

- Solénoïde, bobines de Helmholtz, spire et champ magnétique terrestre: Perez EM et Quaranta.
- Circuits magnétiques: Perez EM, HPrepa EM/Electrotech
- Cycle d'Hystérésis: Perez EM, Quaranta et Hprepa.
- Bobines de Helmholtz: simulation Maple
- Champ tournant, fonctionnement synchrone et asynchrone: Hprepa
- Caractérisation d'un aimant permanent: Perez EM

M21: Autoinduction: Tension, Energie

Plan

1. Tension
 - (a) Retard à l'allumage (avec 2 lampes) (qualitatif)
mettre une résistance pour égaliser les intensités dans les 2 branches ($R=R_{\text{bobine}}$).
 - (b) Surtension à l'ouverture (avec un petit néon) (qualitatif)
Prendre un petit néon (+ lumineux) et une grosse bobine (6H)
2. Mesure d'inductance
 - (a) Etude du régime transitoire d'un circuit RL ($I_{\text{max}} = f(T/\tau) \Rightarrow$ mesure de τ et de L)
Ref: Quaranta Electricité (Auto-Induction). $\tau = L/R_{\text{tot}}$ mesure τ et R_{tot} (méthode du quaranta trop lourde et pas plus précise). Tracer $\tau(R)$ donne L. Pb, on trouve pas vraiment le L indiqué... pb de fréquence? . Penser aussi à l'impédance du géné.
 - (b) Pont de Maxwell (mesure précise de L)
ref Quaranta Electricité (Bobines). Faisable, pas si précis que ça (R OK, L pas terrible? ...); avantage: mesure à une fréquence fixée, discussion des paramètres ($R(\omega)$ et $L(\omega)$)
3. Energie
 - (a) Stockage d'énergie dans une bobine (avec moteur + masse)
ref Quaranta. facile et démonstratif. \pm pipeau sur l'influence de l'entrefer.. attention au sens des bobines (flux additif; sens de l'enroulement indiqué parfois sur certaines bobines). Interprétation à trouver pour l'entrefer.
 - (b) Influence de l'entrefer (\pm qualitatif)
4. Applications
 - (a) Lissage en sortie de hacheur par une bobine.
ref Lavabre. attention: formule en $\alpha(1-\alpha)$ valable sur des tensions linéaires (DL de la formule en exp.). Fitter en fn de α et trouver L. Montrer l'effet d'un noyau de fer (prendre un noyau de circuit magnétique.)
 - (b) Hacheur à stockage inductif
Manip à faire.

Théorie/Biblio

Etude théorique d'un circuit RL en régime transitoire: Quaranta

Etude théorique du pont de Maxwell: Quaranta(s)

Discussion sur l'influence de l'entrefer dans le stockage d'énergie em: Journaux

Lissage en sortie de hacheur: Lavabre

Hacheur à stockage inductif: ??? TSI Hachette?

M22 Conversion de puissance alternatif-continu et continu-alternatif

MONTAGE A FAIRE!!!

Plan

1. Convertisseurs alternatif-continu non commandés
 - (a) Redresseur triphasé simple: visualisation $u_S(t)$, dimensionnement bobine de lissage, visualisation de la conduction des diodes, mesure du rendement (puissance d'entrée, puissance de sortie). Lavabre.
 - (b) Redresseur triphasé avec pont de diodes: montrer intérêt (Lavabre)
2. Convertisseur alternatif-continu commandé: pont de thyristors commandé. Montrer oscillogrammes, Mesure du rendement. Hachette TSTI génie électrotechnique.
3. Onduleur à résonance: RLC série à résonance filtre harmoniques d'une tension carrée alternative (obtenue avec hacheur réversible 4 quadrants). Faire les spectres de Fourier, discuter filtrage, influence de R, mesure de rendement.

Théorie/Biblio

- Fonctionnement d'un redresseur triphasé (équations et graphes): Lavabre
- Redresseur à Thyristors: "Physique appliquée -TSTI génie électrotechnique" Hachette
- Onduleur à résonance: idem
- Fonctionnement du hacheur: Lavabre, Hachette Electrotechnique
- Onduleur à résonance: T STI Hachette (charge RL au lieu de RLC).

M23: Conversion électromécanique de puissance

Plan

1. Principes de base de la conversion
 - (a) Forces de Laplace: fonctionnement moteur (mesure de la force), montrer réversibilité (Ref?) (Manip à faire)
 - (b) Principe de fonctionnement d'un MAS: cage à écureuil. Attention au branchement du transfo triphasé. Mesurer le glissement. Principe dans Hprepa Electrotechnique II. Branchement bobines: neutre commun, et une phase par bobine.
 - (c) Modélisation d'une éolienne (avec soufflerie et dynamo): mesure des rendements. Compliqué pt de vue méca flu. Pas trouvé moteur. Ref: BUP???. Manip à remplacer ou à faire.
2. Etude d'un ensemble MAS MCC

Branchement des enroulements de la MAS: comme la cage à écureuil. Caractérisation des pertes

 - résistance des enroulements du stator: à chaud (laisser chauffer la machine). Résistance par $U=RI$ (ou à l'ohmmètre)
 - essai à vide: pertes par la méthode des deux wattmètres (plus académique qu'un seul wattmètre, même si les phases sont a priori équilibrées). Mesure de Ω au tachymètre, de V_{MAS} , I_{MAS} , de P_{abs} et de V_{MCC} . Courbes d'exploitation:
 - $V_{MCC} = f(\Omega)$ donne droite, et K de $V = K\Omega$, permet de connaître $\Gamma_m = KI_{MCC}$ dans l'essai en charge.

- Courbes pour différents V_{MAS} du couple en fonction de Ω (HPREPA): explique non démarrage à $V=0$ cause frottements solides et fluides. Faire courbe $\Omega = f(V_{MAS})$ en détaillant zone complexe du démarrage. Vérifier la constance vers la vitesse de synchronisme. Limite = Vsynchronisme.
- $P_{abs} = P_{fer,MAS} + P_{fer,MCC} + P_{méca} + P_{Jrotor} + P_{Jstator}$.REF sur les pertes: Electrotechnique WILDI (MAS et pertes fer). On a $P_{fer,MAS} = kB^2 f^2 + k'B^2 f$ (Foucault + Hystérésis) avec f fréquence secteur et B proportionnel à V . $P_{fer,MCC} = kB^2 f^2 + k'B^2 f$; ici B constant, mais f est proportionnel à Ω . On a donc ces pertes quasiment constantes dans la partie $\Omega = Cstte$. $P_{méca} \propto \Omega$ pour le frottement solide, et à Ω^2 pour le frottement fluide. Même remarque que pour les pertes fer de la MCC. $P_{Jrotor} = gP_{abs}$ (démon WILDI), donc petit pour le fonctionnement vers la vitesse de synchronisme. $P_{Jstator} = RI^2$ faible à vide. Finalement, le tracé de $P_{abs} \propto V^2$ donne plus ou moins les pertes fer. Vérifier le graphe à tracer.
- essai en charge: rhéostat sur la MCC; mesure $\Omega, V_{MAS}, I_{MAS}, P_{abs}, I_{MCC}$ en changeant la résistance du rhéostat, pour différentes valeurs de V_{MCC} (faire un tableau par valeur de V_{MAS}). Attention, $V_{MCC} \neq K\Omega$, il faut mesurer Ω . La puissance mécanique disponible est donnée par $P_{méca} = V_{MCC}I_{MCC}$. Exploitation et courbes:
 - couple = KI_{MCC} en fonction de Ω pour différents V_{MAS} . (on néglige les frottements et autres couples résistants). Donne les différents bouts de courbe de la caractéristique $\Gamma_{V_{MAS}} = f(\Omega)$ (HPREPA), à haut Ω , car on ne peut faire qu'une faible charge avec la MCC, pas adaptée à la MAS que l'on a (40W contre 400W...). Montrer que les courbes tendent plus ou moins vers V synchro (en particulier celles avec V_{MAS} haut)
 - Etude du rendement de la conversion totale: $\eta = \frac{P_{MCC}}{P_{abs}}$. Tracer $\eta = f(P_{MCC})$ pour V_{MAS} maximale: on voit que le rendement tend vers une valeur limite correspondant au $P_{nominal}$.
- Couple de démarrage: HPREPA: $C_d = \frac{\phi_m^2 R}{2L^2 \omega_0}$: le faire avec la MCC en court circuit (attention, ne pas dépasser 3,5 A). On assimile $\Gamma(\Omega) \neq \Gamma(0)$, pour différentes valeurs de V_{MAS} . $\phi \propto V_{MAS}$, donc tracer $\Gamma = KI_{MCC}$ en fonction de V_{MAS}^2 . En puissance, ce sont les pertes Joule rotor qui dominent (gros glissement).

Théorie/Biblio

Forces de Laplace: PEREZ EM, Quaranta (?)

Cage à écureuil, glissement: Hprepa Electrotech II

MAS: Hprepa Electrotech II, Electrotech Wildi, Hachette T STI

MCC: ?

M24: Etude et applications des transducteurs électromécaniques.

Plan

Introduction: CF Quaranta.

1. Conversion piezo-électrique

(a) transducteur à US. Caractéristiques.

REF Quaranta. Sélectivité en fréquence (pb mesure récepteur a aussi une fn de réponse); chercher résonance à la main, et tracer Bode à l'Oscillo autour de 40KHz. Facteur de qualité de la résonance. Réversibilité de la conversion: inverser émetteur-récepteur (fait aussi avancer la question sur le pb de la fn de réponse du récepteur si on suppose que la fn d'appareil récepteur est proportionnelle à la fn d'appareil émetteur.)

(b) Applications:

Sonar; faire un générateur de salves à 40KHz. (dépend des appareils disponibles; cablage sur les vieux ou auto sur le nouveau perfectionné). Utiliser

un ampli micro (les nouveaux , gain *-1000 : écrête un peu, mais permet de voir des échos multiples -> poissons et fond...). Mesurer la distance à un ou deux objets.

Effet Doppler : maquette multi-radar, REF = doc de la maquette. Mettre aussi l'ampli micro sur le récepteur; déplacer le mobile avec la table traçante; vérifier la vitesse mesurée au chronomètre.

2. Conversion électrodynamique

- (a) Haut parleur : no problème, manips chiantes mais faciles dans le Quaranta.
- (b) Etude d'un système MCC/MCC : TROUVER UNE REF AVEC LES EQUATIONS.

mesure de R (moteurs alimentés en sens inverse; attention, suivant les maquettes, sens récepteur ou générateur pour le branchement)

mesure de L : avec un hacheur, lissage assuré par l'inductance du moteur; ref Lavabre, hacheur, formule en $\alpha(1-\alpha)$ permet de déterminer L.

détermination de K ($E = K\Omega$) : prendre Ω et E (aux bornes de la génératrice fonctionnant à vide).

moment d'inertie du moteur (détermination de J): fonctionnement en charge, et on coupe le jus. $J \frac{d\Omega}{dt} = -\frac{K^2}{R+R_{Ch}} \Omega$, prendre R petit pour favoriser le couple résistif (et se rapprocher au max d'une exponentielle; déterminer les paramètres de la pseudo-exponentielle par la pente au départ.

détermination des frottement solides: généré à vide: $J \frac{d\Omega}{dt} = C_{moteur} - C_{résistif} - C_{frott}$ et $C_{frott} = c_{sol} + f_{flu}\Omega$; on détermine c_{sol} et on montre par la même occasion la faiblesse des frottements fluides.

mesure du rendement.

Théorie / Biblio

- Piezoélectricité : Quaranta
- Effet Doppler (équations, montage) : Notice Maquette multiradar
- Généralités sur les sonars : Universalis (?)
- Equations du HP : Quaranta
- Fonctionnement d'une MCC, équations : ???

M25 : Caractérisation et mesure des tensions et des courants; on s'intéressera à une large étendue d'amplitudes et de fréquences.

MONTAGE A REVOIR

Plan

Parties 2 et 3 un peu pipeau...

1. Caractéristiques du signal, Influence de la chaîne de mesure
 - Caractéristiques d'un signal (forme, fréquence, valeur moyenne, valeur efficace). Comparaison de RMS vrai, pas vrai et compagnie avec oscillo et multimètres (MX 579 et 545), influence fréquence et forme du signal. Ref: docs des multimètres. Ref sur facteur de forme???
 - Influence de l'impédance d'entrée : décharge d'un condo dans une très forte résistance. Adaptation d'impédance avec TL81. Ref Quaranta (?) et data-sheet TL81 pour impédance d'entrée. Idem si on a envie avec la sonde HF sur un créneau le plus propre possible. Ref sonde HF et modélisation?
2. Mesure de forte amplitudes.
 - mesure du champ disruptif avec pont de résistances adéquat

- mesure de fortes intensités : pince ampéremétrique avec autotransfo.

3. Mesure de faibles amplitudes

- photodiode et convertisseur courant-tension (ref Journeaux)
- nanoampèremètre à intégrateur ref?

Biblio/Expériences

Autres manips possibles, en partie pour étoffer les parties 2 et 3

- analyseur de spectre pour analyse de HF (pb : où trouver de la HF suffisante...)
- sonde de courant à effet Hall pour tracé d'un cycle d'hystérésis
- utilisation de l'analyseur réseau pour caractériser le spectre d'un signal déformé (genre hystérésis)
- trouver des manips pour les faibles amplitudes.