Solutions des exercices

Série N° 1 :

Exercice I.1 :

1) On part de $u=L\ di/dt$ et $i= C\ du/dt$ on truve que f est homogène à l'inverse d'un temps.
2) On part de $B= \mu H = \mu nI/L$, $U=BdS/dt$, $R=L/\sigma S$ et $\omega=2\pi/T$ et on trouve δ homogène à une distance.

Exercice I.2 :

1) 10 condensateurs à 2% en parallèle donnent $\Delta C/C = 2\ \%$
2) Même résultat s'ils sont en série
3) Même résultat si on utilise des résistances

Exercice I.3 :

On calcule les erreurs de classe et d'appréciation et on trouve l'ampèremètre 1 (classe 0,5) est meilleur

Exercice I.4 :

1) Calibre 10 V : U =7,9 V $\Delta U/U = 0{,}5*10/100*7{,}9 + 0{,}5*10/100*7{,}9 + 10/1000*10 = 1{,}36\ \%$
2) Calibre 30 V : U =7,5 V $\Delta U/U = 0{,}5*30/100*7{,}5 + 0{,}5*30/30*7{,}5 + 10/1000*30 = 8{,}7\ \%$

Exercice I.5 :

$R_V = (RU_2+r U_2 - r U_1)/(U_1- U_2) = 15{,}07\ k\Omega$

Avec la différentielle de ΔR_V on trouve $\Delta R_V/ R_V = 15\ \%$

Série N°2 :

Exercice II.1 :

1) $n = D\alpha/BSI = 10^{-7}*1/0,2*16*10^{-4}*0,5*10^{-6} = 625$ spires
2) $R = \rho L/S = 1,72*10^{-8} * 0,16 * 625/\pi(0,05*10^{-3})^2 = 219\ \Omega$

Exercice II.2 :

1) Sensibilité = Δsortie/Δentrée = $\Delta\alpha/\Delta I = nBS/D = 10^6$ deg/A = 1 deg/µA
2) $I_{max} = 100\ \mu A$
3) Cet élément moteur magnétoélectrique mesure la valeur moyenne $U_{moy} = 5,5$ V
4) On utilise le calibre 10 V ΔU/U = 1,5*10 /100*5,5 + 0,25*10 / 100 *5,5 = 3,18%
5) Le voltmètre ferromagnétique mesure la valeur efficace $U_{eff} = 6,18$ V

Exercice II.3 :

1) Les valeurs moyennes des 3 tensions sinusoïdale, triangulaire et carrée sont nulles.
   Les valeurs moyennes redressées des 3 tensions : sinus = 6,38 V ; triang = 5 V et carrée = 10 V Les valeurs efficaces : sinus = 7,09 V; triang = 5,75 V ; carrée = 10 V
2) Magnétoélect en continu mesure val moy donc 0 V ;
   Magnétoélect en alternatif mesure val moy red x 1,11 donc : 7,09 V ; 5,55 V et 11,1 V.
   Férromagn et numérique RMS mesurent val efficace donc : 7,09 V ; 5,75 V ; 10 V

Exercice II.4 :

1) Schéma voir cours
2) Voltmètre $R_i = U_i / I_{c\,max} - R_c$ Ampèremètre $r_j = R_c\, I_{c\,max} / I_j - I_{c\,max}$ AN : U = 3 V on trouve R1 = 55 kΩ ; U = 100 V on trouve R2 = 195 kΩ ; I = 30 mA on trouve r1 = 8,34 Ω et I = 1 A on trouve r2 = 0,25 Ω
3) Il mesure la valeur moyenne U1 moy = 5V et U2 moy = 2 V
4) Il mesure la valeur efficace U1 eff = 5,77 V et U2 eff = 3,46 V
5) Le voltmètre électronique alternatif mesure la valeur moyenne redressée x 1,11 de (U-Umoy) donc U1 = 2,5*1,11 = 2,775 V et U2 = 2,83 V Le voltmètre numérique mesure les valeurs efficaces :U1 eff = 5,77 V et U2 eff = 3,46 V
6) Résistances internes RV1 = 60 kΩ ; RV2 = 200 kΩ ; rA1 = 8,32 Ω et rA2 = 0,25 Ω

Série N°3 :

Exercice III.1 :

1) Le meilleur montage est Amont car

$$\sqrt{rA * RV} = 70{,}7\ \Omega < 100\Omega$$

2) R = 45,5/0,32 = 142,2 Ω
   L'appréciation n'est pas donnée on calcule l'erreur de classe et celle de montage
   $\Delta R/R = \Delta U/U)_{classe} + \Delta I/I)_{classe} + rA/R = 5{,}67\ \%$
   Si on prend une appréciation de ½ division on trouve :
   $\Delta R/R = \Delta U/U)_{classe} + \Delta I/I)_{classe} + \Delta U/U)_{appr} + \Delta I/I)_{appr} + rA/R = 8{,}33\ \%$

Exercice III.2 :

1) Avec 3 mailles on trouve le courant de déséquilibre du pont :

$$I_g = \frac{(R_1R_3 - R_2R_x)E}{R_g(R_1+R_2)(R_3+R_x) + R_1R_2(R_3+R_x) + R_3R_x(R_1+R_2)}$$

   A l équilibre R1 R3 =R2 Rx

2) R1 =R2 =Rx=R=1000Ω et R3 = R+ΔR = 1000+0,5=1000,5 Ω
   $Ig = (\Delta R/R)\ E/4(R+Rg) = 1{,}04\ \mu A$ et $\Delta R/R)_{sensib} = 4(R+Rg)Igmin/E = 24\ 10^{-6}$

Exercice III.3 :

1) Méthodes utilisables pour mesurer une impédance inductive : méthode de résonance , ponts de Maxwell, Hay et résonance
2) Pont à résonance à l'équilibre : $R_x = R_1R/R_2$ et $L_x = 1 / C\ \omega^2$
3) AN : $R_x = 80\ \Omega$ ετ $L_x = 31{,}25$ mH
4) ΔR/R = 0,6 % et ΔL/L = 4%
5) Le coefficient de qualité est :

$$Q_x = \frac{L_x\omega}{R_x}$$

   AN : Qx =2,45
   Pour le mesurer on peut utiliser la méthode de résonance. Si lindicateur de zéro est un voltmètre on le branche aux bornes de C et on déduit Qx = Uc/Ue = Uc/10

Exercice III.4 :

1) - Pour mesurer r on branche la source continue aux bornes de la bobine en série avec l'ampèremètre.

- Pour mesurer L on branche la source alternative aux bornes de la bobine en série avec l'ampèremètre.
- Pour mesurer M on branche la source alternative aux bornes de la première bobine en série avec l'ampèremètre et on branche le voltmètre aux bornes de la deuxième bobine.

2) r = E/Imes = 10 Ω.
   $r^2 + L^2\omega^2 = U^2/Imes^2$ donc L = 55,16 mH
   M = Umes /ω Imes = 25,48 mH

Exercice III.5 :

1) Z = R + jLω/1-LCω^2 =100 + 89 j
2) La partie imaginaire de Z étant positive donc elle est inductive. Méthodes utilisables pour mesurer une impédance inductive : méthode de résonance , ponts de Maxwell, Hay et résonance
3) Z se comporte comme une résistance si Im Z = 0 soit ω=0 (continu) ou ω=∞ (HF)
4) On utilise Maxwell si Z est inductive soit Im Z >0 : ω>0 et 1-LCω^2>0 ce qui donne 0<ω<578rd/s ou bien 0<f<92 Hz
5) En continu Z=R=100 Ω
   a) P=UI =U^2/R = 36 W le calibre approprié est 60V x 5A = 300 W
   b) Comme on a la résistance tension, on utilise le wattmètre en montage aval
      ΔP/P=0,5*300/100*36 + 100/200*60 = 5%
6) P=UIcosϕ avec U= $71/\sqrt{2} = 50{,}2\,V$; $I = \frac{U}{IZI} = \frac{50{,}2}{133{,}86} = 0{,}375\,A$ et cosϕ = 0,71
   P=13,36 W.

Exercice III.6 :

1) Schéma du fréquencemètre numérique (voir cours)
2) T= aRC : - T_1=0,1 s soit 0,1 = 0,3 10^3 C donc C= 333µF
   - T_2=1 s C= 3333 µF
   - T_3= 10 s C= 33333 µF

3) f=854 Hz

- Avec T_1 N_1=0,1*854 = 85,4 impulsions donc avec 4 décades il affiche 00.85 kHz
- Avec T_2 N_2=1*854 = 854 impulsions donc avec 4 décades il affiche 0854 Hz
- Avec T_3 N_3=10*854 = 8540 impulsions donc avec 4 décades il affiche 854.0 Hz

4) Δf/f= 0,01/0,85 = 1,17 % avec T1 ; Δf/f= 1/854 = 0,117 % avec T2 et Δf/f=0,1/854,0 = 0,0117 % avec T3.

Série N ° 4

Exercice IV.1

Lorsque X=0 (R_0 = 100 Ω), pour avoir U= 0 on doit utiliser un pont de Weatstone avec à l'équilibre R1 R3 =R2 R0. Pour avoir une sensibilité maximale du pont on choisit

R1 =R2 =R3=R0=100Ω

La puissance dissipée dans le capteur est $P= R_0 I^2 = E^2 / R_0 < 100$ mW soit E<6,32 V

On choisit E=6 V (4 piles de 1,5 V)

Lorsque X=Xmax , R=120 Ω la tension de déséquilibre du pont est

U= (120*100 -100*100)*6/200*220 = 0,27 V pour avoir une sortie de 1 V on doit rajouter un amplificateur de gain G = 1/0,27 = 3,67

Exercice IV.2

1) La valeur moyenne Xmoy = 960 ; L'écart standard S = 2,89 ; L'intervalle de confiance à 99 % est $\frac{2{,}89*2{,}86}{\sqrt{20}} = 1{,}85$
2) On rassemble en classes d'amplitude 3

classe	Effectif
[952 955[	1
[955 958[	4
[958 961[	7
[961 964[	6
[964 967[	2

On trace l histogramme et on remarque que sa forme ressemble à la loi normale de Gauss.

Exercice IV.3

1) Les lois de variations sont : R_{pt} = 100(1+0,004θ) $R_{CTN}=0{,}0069\ e^{4689/T}$ et $U_{th}=5\ 10^{-5}$ (θ-20)
2) Pour avoir une tension de déséquilibre du pont qui varie de 0 à 400 mV lorsque θ varie de 0 à 40 °C on choisit : R1=R2=R3=R0=100Ω et E=10,8 V
3) L'erreur relative maximale qu'on commet en approximant la variation de la tension du pont par une relation linéaire est $\Delta U/U = \alpha\theta_{max}/2$ = 8 %
4) Pour réaliser un capteur de même sensibilité que le précédent en utilisant le thermocouple, on doit le faire suivre d'un amplificateur de gain G = 216 sans approximation linéaire ou G=200 avec approximation linéaire.
5) La résistance de linéarisation Rl = 48 kΩ avec Ti = 293 K ; R_{CTN}(Ti)=49,6 kΩ ; R_{CTN}'(Ti)=-2,6kΩ/K Req(Ti) = 24,4 kΩ ; Req' (Ti)=-0,62kΩ/K et la relation linéaire par laquelle elle est approximée est : R_{ap} =36,8 (1-0,62θ/36,8)
6) Pour mettre la thermistance linéarisée dans un pont de Weatstone on c choisit : R1=R2=R3=R0=36,8 kΩ et on trouve Uap = 45 θ (mV). La sensibilité est 45 mV/°C, elle est plus de 4 fois supérieure .

Exercice IV.4

1) R= 50 (1+0,005 θ)
2) A l'équilibre R1 R3 =R2 R0 d où R3 = 50 Ω
3) La tension de déséquilibre du pont varie linéairement U = αθE/4 pour θ=100 °C on doit avoir U=1V on trouve E=8 V

4) Pour U=400 mV on trouve θ=40°C
5) Lorsque le capteur est parcouru par un courant I il dissipe une puissance $P=R0\ I^2 = E^2/4R0$=0,32 W = 320 mW et produit une élévation de température (auto échauffement) θ=320/30=10,66 °C la température réelle est 40-10,66=29,33 °C

Série N ° 5

Exercice V.1

1) $R=K/\sqrt{Ø}$ Le flux total émis = 60 *8/100 = 4,8 W le flux reçu par la photorésistance Ø= $4{,}8*10^{-4}/4\pi*4 = 3\ 10^{-5}/\pi$ donc K=1,23 $\Omega W^{1/2}$
2) On trace $R=1{,}23/\sqrt{Ø}$
3) Rap = AØ+B avec A=-9,35 10^{7} Ω/W et B=1323,5 Ω l'écart maximal est obtenu lorsque la dérivée de ΔR est nulle et ce pour Ø=3,51 mW ΔR=328Ω et ΔR/R = 50%

Exercice V.2

1) Avec un rendement de 1, le flux total émis =10 mW ; le flux reçu par la photodiode Ø= $10*10^{-5}/4\pi*0{,}01$ = 0,796 µW ; le nombre de photons arrivant sur la photodiode est : $n_{ph} = \phi/h\nu = 3{,}21\ 10^{12}$ photons par seconde
2) Le nombre d'électrons créés $n_{é}=1{,}9\ 10^{12}$ é/s et le courant engendré dans la photodiode est I= 0,304 µA
3) Si on mesure 0,1 µA le rendement réel est 32,9 %.

Exercice V.3

1) Conditions sur les dimensions des bobines et du noyau pour avoir une course de 10 cm Ls >10 cm on choisit 10,5 cm ; Lp>0 on choisit 0,5 cm et Lp+10<Ln<2Ls+Lp-10 on choisit 11cm.
2) Us = a x ; la sensibilité nécessaire pour lire directement la position en mm est a=0,01V/mm
3) La résolution lorsqu'on apprécie ½ division est 0,5 mm
4) Lorsqu'on lit 0,25 V la position est x= 25 mm et l'erreur Δx/x = ΔU/U = 6%
5) Avec un convertisseur analogique – numérique de 10 bits la résolution est 10 cm/1024 ≈10/1000=0,01 cm =0,1 mm. 5 fois meilleure

Exercice V.4

1) La résistance au repos des jauges est R0 = 160 Ω
2) La relation entre la variation de résistance et la force en flexion $\Delta R/R=K\varepsilon = 2{,}74\ 10^{-4}F$
3) Les jauges sur le support en sens opposés et dans le pont de Weatstone dans les branches voisines. Pour avoir une tension de déséquilibre de 0 à 10 mV lorsque la force varie de 0 à 10 N ; on choisit : R1=R2=R3=R0=160Ω et E=7,3 V
4) L'erreur due à une température de 10 °C est ΔU/U = 1 % elle est déjà compensée
5) Pour mesurer la force de 0 à 10 N par la mesure d'une tension de 0 à 10 mV en utilisant un quartz de sensibilité 2 pC/N on le faiot suivre d'un convertisseur charge tension avec une capacité de 2 nF