**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= µ H = µ nI/L, U=BdS/dt, R=L/σS et ω=2π/T et on trouve δ homogène à une distance.

**Exercice I.2 :**

1. 10 condensateurs à 2% en parallèle donnent ΔC/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 ΔU/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 ΔU/U = 0,5\*30 /100\*7,5 + 0,5\*30 / 30 \*7,5 + 10/1000\*30 = 8,7 %

**Exercice I.5 :**

RV = ( RU2+r U2 -r U1)/ (U1- U2) = 15,07 kΩ

Avec la différentielle de Δ RV on trouve Δ RV/ RV = 15 %

**Série N°2 :**

**Exercice II.1 :**

1. n = Dα/BSI = 10-7\*1/0,2\*16\*10-4\*0,5\*10-6 = 625 spires
2. R = ρL/S = 1,72\* 10-8 \* 0,16 \* 625/π(0,05\*10-3)2 = 219 Ω

**Exercice II.2 :**

1. Sensibilité = Δsortie/Δentrée = Δα/ΔI = nBS/D = 106 deg/A = 1 deg/µA
2. Imax = 100 µA
3. Cet élément moteur magnétoélectrique mesure la valeur moyenne Umoy = 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 Ueff = 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 Ri = Ui / Ic max - Rc Ampèremètre rj = Rc Ic max /Ij - Ic 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
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

ΔR/R = ΔU/U)classe+ΔI/I)classe +rA/R = 5,67 %

Si on prend une appréciation de ½ division on trouve :

ΔR/R = ΔU/U)classe+ΔI/I)classe +ΔU/U)appr+ΔI/I)appr +rA/R = 8,33 %

**Exercice III.2 :**

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



A l équilibre R1 R3 =R2 Rx

1. R1 =R2 =Rx=R=1000 et R3 = R+ΔR = 1000+0,5=1000,5 

Ig =(ΔR/R) E/4(R+Rg) = 1,04 µA et ΔR/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 : Rx=R1R/R2 et Lx = 1 / C ω2
3. AN : Rx =80 Lx = 31,25 mH
4. ΔR/R = 0,6 % et ΔL/L = 4%
5. Le coefficient de qualité est :



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.

1. r = E/Imes = 10 

r2  + L2 ω2 = U2/Imes2 donc L = 55,16 mH

M = Umes /ω Imes = 25,48 mH

 **Exercice III.5 :**

1. Z = R + jLω/1-LCω2 =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-LCω2>0 ce qui donne 0<ω<578rd/s ou bien 0<f<92 Hz
5. En continu Z=R=100 Ω
6. P=UI =U2/R = 36 W le calibre approprié est 60V x 5A = 300 W
7. Comme on a la résistance tension, on utilise le wattmètre en montage aval ΔP/P=0,5\*300/100\*36 + 100/200\*60 = 5%
8. P=UIcosφ avec U= 71/ et cosφ = 0,71 P=13,36 W.

 **Exercice III.6 :**

1. Schéma du fréquencemètre numérique (voir cours)
2. T= aRC : - T1=0,1 s soit 0,1 = 0,3 103 C donc C= 333µF

- T2=1 s C= 3333 µF

- T3= 10 s C= 33333 µF

3) f=854 Hz

- Avec T1  N1=0,1\*854 = 85,4 impulsions donc avec 4 décades il affiche 00.85 kHz

- Avec T2  N2=1\*854 = 854 impulsions donc avec 4 décades il affiche 0854 Hz

- Avec T3  N3=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 (R0 = 100 ), 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=100

La puissance dissipée dans le capteur est P= R0 I2 =E2 / R0 <100 mW soit E<6,32 V

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

Lorsque X=Xmax , R=120  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 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 : Rpt = 100(1+0,004θ) RCTN=0,0069 e4689/T et Uth=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 ΔU/U = αθmax/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 ; RCTN(Ti)=49,6 kΩ ; RCTN’(Ti)=-2,6kΩ/K Req(Ti) = 24,4 kΩ ; Req’ (Ti)=-0,62kΩ/K et la relation linéaire par laquelle elle est approximée est : Rap =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 I2 = E2/4R0=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/ Le flux total émis = 60 \*8/100 = 4,8 W le flux reçu par la photorésistance Ø= 4,8\*10-4/4π\*4 = 3 10-5/π donc K=1,23 ΩW1/2
2. On trace R=1,23/
3. Rap = AØ+B avec A=-9,35 107 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\*10-5/4π\*0,01 = 0,796 µW ; le nombre de photons arrivant sur la photodiode est : nph = φ/hν = 3,21 10 12 photons par seconde
2. Le nombre d’électrons créés né=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 ΔR/R=Kε = 2,74 10-4F
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