Binôme : Table: Classe :

TP 14 : Conversion analogique-numérique – correction

/45

		Barème
APPEL 1	I. Quelques convertisseur analogique-numérique : A. Dans la vie quotidienne :	
	1. Un vinyle est le support d'un signal sonore analogique.	/0,5
	2. Le signal numérique est le plus proche du signal analogique d'origine est celui stocké dans le « .flac »	/0,5
	3. Le signal analogique est toujours de « meilleure qualité » que sa version numérisée.	/0,5
	4. On numérise les signaux afin de faciliter leur transport et leur reproduction.	/0,5
	B. Pour un signal sonore :	
	5. Un bruit se superpose au signal lorsque la résolution du CAN est faible	/0,5
	C. La carte SYSAM-SP5 :	
	6. $\Delta U = 20\ V\ et\ n = 12$	/1
	7. $q_{th} = \frac{\Delta U}{2^n} = \frac{20}{2^{12}} = 4{,}9\ mV$	/1,5
APPEL 3	8. $q_{exp} = 5{,}0\ mV$	/1
	9. $e = \frac{5{,}0-4{,}9}{4{,}9} = 2{,}0\%$ L'expérience est donc concluante : l'écart s'explique par la difficulté à positionner les curseurs.	/1,5
	II. Quantification du signal échantillonné et bloqué : A. Première étape : l'échantillonnage	
APPEL 4	10. Le critère de Nyquist-Shannon n'est pas respecté car le signal analogique (triangulaire) ne possède de fréquence maximale.	/1
	11. $N = \frac{f_e}{f} = \frac{1000}{100} = 10$	/2
	12. Tracé en noir du signal échantillonné et bloqué, noté $s_{e+b}(t)$ sur annexe 0	/2
	Vérification grâce à Python	/1
	B. Deuxième étape : la quantification	
APPEL 5	13. $q = \frac{\Delta U}{2^n} = \frac{10{,}00}{2^3} = 1{,}250\ V$	/1,5
	14. Tracé sur annexe 0, des niveaux de tension quantifiés	/2
	15. Valeurs de niveaux de tension quantifiés sur annexe 0	/1
	16. Les valeurs échantillonnées et bloquées du signal ne correspondent pas en général, aux valeurs des niveaux de tensions quantifiés.	/0,5
	Vérification grâce à Python	/1
APPEL 6	17. Tracé sur annexe 0, du signal numérique en rouge	/2
	Vérification grâce à Python	/1
APPEL	18. $U_{cc} = 100\ V\ et\ \Delta U = 10\ V$	/0,5

7	19. Si $U_{cc} > \Delta U$, il y a écrêtage du signal.	/0,5
	C. Dernière étape : le codage	
APPEL 8	20. Sur annexe 0, pour chaque intervalle entre 2 niveaux de tension quantifiés, présence du nombre binaire correspondant.	/2
	21. Entre $-5{,}00\ V\ et - 3{,}76V$, le code binaire sortant est 000	/1
	22. $M = 101_{(2)} = 5_{(10)}$. Sur notre graphe, $101_{(2)}$ correspond à l'intervalle $1{,}25\ V\ et\ 2{,}50\ V$ Il y a donc codage des valeurs comprises entre $1{,}25\ V\ et\ 2{,}50\ V$ en $5_{(10)} = 101_{(2)}$	/1,5
	23. Un motif est donc codé ainsi : 000 010 011 100 101 111 101 100 011 010	/1
	III. Qu'est-ce que l'erreur de quantification ? A. Signal « erreur de quantification » :	
APPEL 9	24. L'erreur de quantification $b(t)$ est toujours positive car la valeur échantillonnée est toujours approximée par le bas : $u_{éch}(t) > u_{quantifiée}\,(t)\ donc\ b(t) > 0$	/1
	25. $b(t) < q$	/0,5
	B. Erreur de quantification et résolution du CAN :	
	26. Pour $n = 4\ bits$, on mesure $b(t = 0) = 0{,}4V$	/0,5
	27. Pour $n = 5\ bits$, on mesure $b(t = 0) = 0{,}06V$	/0,5
	28. « Plus la résolution d'un CAN est importante, plus l'erreur de quantification est faible donc le bruit de quantification est faible ».	/0,5
	C. Rapport signal sur bruit :	
APPEL 10	29. Pour $n = 3\ bits$, la simulation donne : $SNR_{dB} = 18\ dB$	/1
	30. Le signal « erreur de quantification » est variable, périodique, triangulaire et alternatif.	/1
	31. A l'instant $t = 0s$, l'erreur de quantification, noté $b(t)$, est: $$b(t = 0) = s_e(t = 0) - s_{quantifiée}\,(t = 0)$$ $$b(t = 0) = -5{,}0 - \left(\frac{-5{,}00 - 3{,}75}{2}\right) = -5{,}0 + 4{,}375$$ $$b(t = 0) = -0{,}625\ V$$	/1
	32. $-\frac{q}{2} \leq b(t) < \frac{q}{2}$	/0,5
	33. Pour $n = 4\ bits$, la simulation donne : $SNR_{dB} = 24\ dB$ Pour $n = 5\ bits$, la simulation donne : $SNR_{dB} = 30\ dB$ Pour $n = 6\ bits$, la simulation donne : $SNR_{dB} = 36\ dB$	/1,5
	34. L'amplitude du signal d'erreur diminue quand la résolution n augmente	/0,5
	35. Lorsque la résolution du CAN augmente d'une unité, le rapport signal sur bruit augmente de $6\ dB$.	/0,5
	D. Expression théorique de SNR_{dB} :	
APPEL 11	36. Le signal d'entrée est triangulaire et alternatif donc : $$U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$ La puissance moyenne normalisée du signal est, par définition : $$P_{signal} = {U_{eff}}^2\ donc\ P_{signal} = \left(\frac{U_m}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{{U_m}^2}{3}$$	/1
	37. Le signal d'erreur est triangulaire et alternatif donc : $$U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$	

	Ici, on voit graphiquement que $U_m = \frac{q}{2}$. Donc $U_{eff} = \frac{q}{2\sqrt{3}}$ La puissance moyenne normalisée du bruit est, par définition : $P_{bruit} = {U_{eff}}^2 \ donc \ P_{signal} = \left(\frac{q}{2\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{q^2}{12}$	/2
	38. Démonstration : $\frac{P_{signal}}{P_{bruit}} = \frac{\frac{{U_m}^2}{3}}{\frac{q^2}{12}} = \frac{{U_m}^2}{q^2} \times 4 = \frac{{U_m}^2}{\left(\frac{2U_m}{2^n}\right)^2} \times 4 = \frac{{U_m}^2 \times (2^n)^2}{(U_m)^2} \times \frac{4}{4} = (2^n)^2 = 2^{2n}$ $SNR_{dB} = 10 \log \frac{P_{signal}}{P_{bruit}} = 10 \log(2^{2n})$ $SNR_{dB} = 10 \log(2^{2n})$ $SNR_{dB} = 10 \times 2n \times \log(2)$ $SNR_{dB} = 20\, n\, log(2) \approx \boldsymbol{6n}$	/2
	39. $SNR_{dB} \approx 6n \ \approx 6 \times 3 = 18\ dB$	/0,5
	40. L’écart relatif est nul : la simulation suit donc bien la théorie.	/0,5