

Q1. Choisir la gamme de capteurs qui convient le mieux à l'usine hydroélectrique.

La gamme de capteurs qui convient le mieux est la gamme de capteurs I.SCAN+ car ce sont des capteurs indexés qui permettent une identification rapide et précise du lieu de feu pour intervenir au plus vite grâce à leur adressage.

Q2. Évaluer la longueur de câble minimale pour établir la surveillance entre la station de pompage et la salle de contrôle.

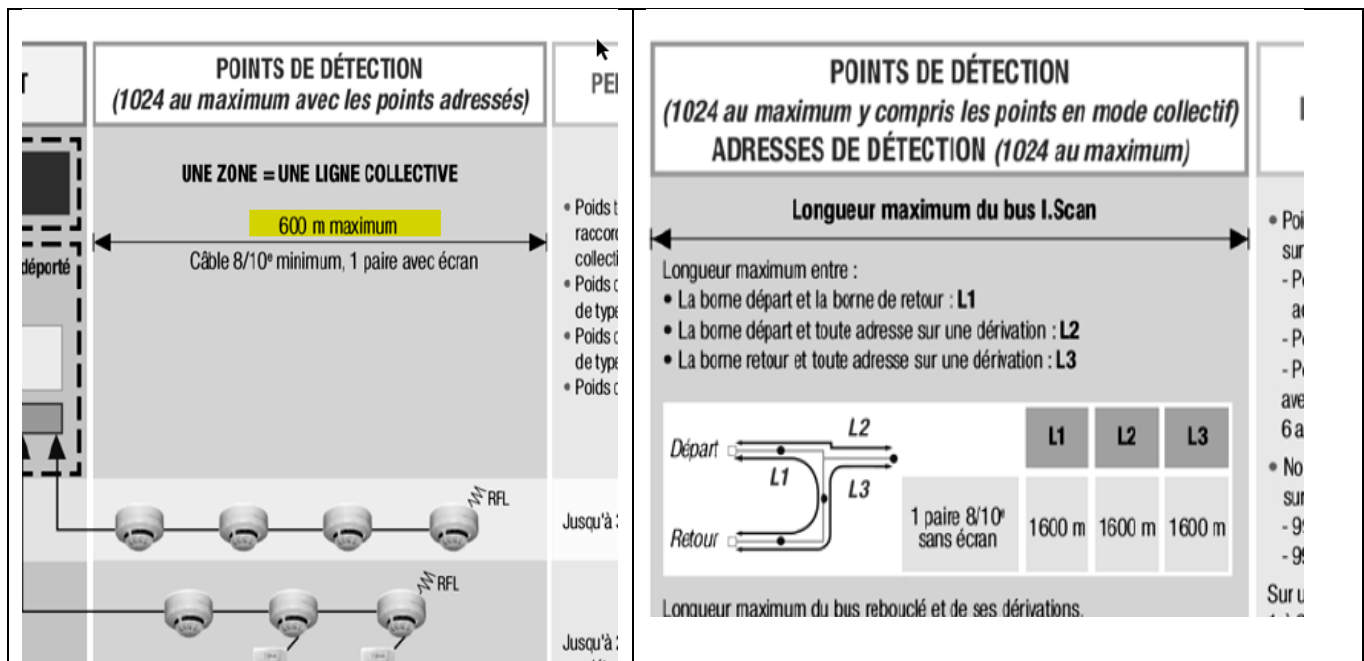
La distance minimale est supérieure à 600 m (+/- 1200 m).

Rtk : cela dépend si c'est en ligne droite ou non

Q3. Déterminer le type de câblage (câblage en ligne ou en boucle) qui sera utilisé pour la station de pompage.

La distance pour atteindre la station de pompage étant supérieure à 600m, cela impose un câblage en boucle.

Rtk :



Q4. Montrer que ce type de câblage peut être utilisé pour les autres bâtiments.

Le câblage en boucle permet une sécurisation des liaisons, une continuité de service et les dérivation.

En plus de la convivialité d'exploitation, les technologies adressables et/ou interactives permettent en phase d'étude et d'installation de concevoir un système bouclé.

Le système bouclé a pour premier avantage de renforcer la sécurité du système de détection incendie. Même en cas de problème, la perte de points de détection est pratiquement nulle car il est alors possible d'alimenter la boucle des 2 côtés. De par les technologies utilisées, il est en plus possible dans un système bouclé de mixer déclencheurs manuels et détecteurs automatiques d'incendie.

Q5. Déterminer le nombre de détecteurs et le nombre d'éléments maximum par boucle qui pourront être installés sur la centrale.

Le nombre maximum de capteurs de boucle est de 99 et le nombre d'éléments est de 128.

PERFORMANCES

- Poids total des points raccordés

sur le bus I.Scan : 128

- Poids d'un détecteur
adressé ou collectif : 1

- Poids du M 503 ME : 1

- Poids de l'ICF I.Scan+ : 1
avec alimentation externe,
6 avec alimentation par le bus

- Nombre maximum d'adresse
sur le bus I.Scan : 128, dont :

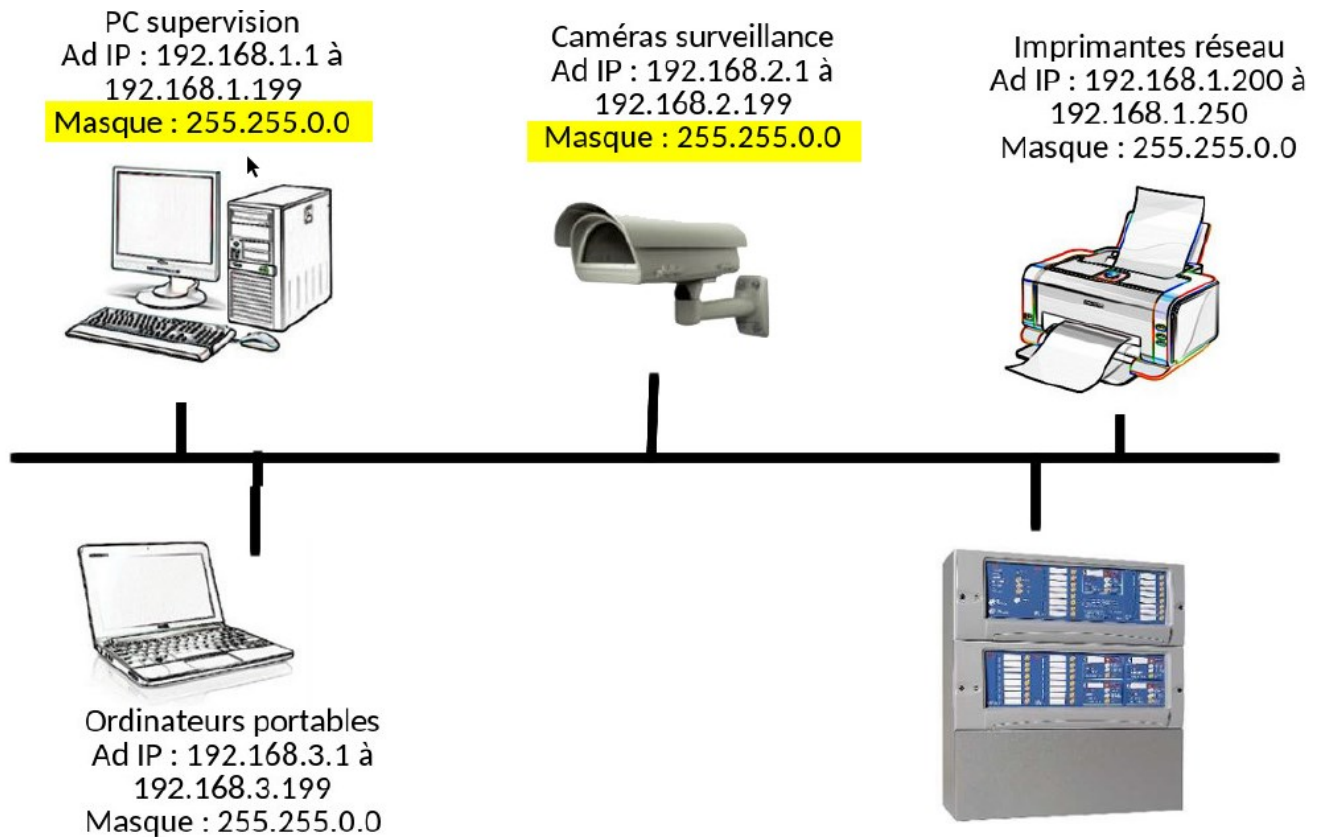
- 99 détecteurs maximum

- 99 déclencheurs maximum

Sur un bus, les adresses
1 à 99 peuvent être données
à la fois à un détecteur et à
un déclencheur (ou ICF I.Scan+
ou M 503 ME).

Jusqu'à 60 ICC par bus I.Scan en
cas de mixage des gammes de
détecteurs I.Scan et I.Scan+.

Q6. Donner le nombre maximum de machines pouvant être connectées sur le sous-réseau de l'usine.



Le masque étant de 255.255.0.0

Donc 16 bits utilisables sur le réseau (host id)

On peut raccorder : $2^{16} - 2 = 65534$ machines.

Q7. Proposer une adresse et un masque possible pour la centrale incendie.

Le masque est celui imposé 255.255.0.0

Toute adresse IP de type 192.168.x.x est utilisable, en dehors de celles déjà utilisées : 1.1 à 1.199, 2.1 à 2.199, 1.200 à 1.255, 3.1 à 3.199

Par exemple : 192.168.4.1

Remarques :

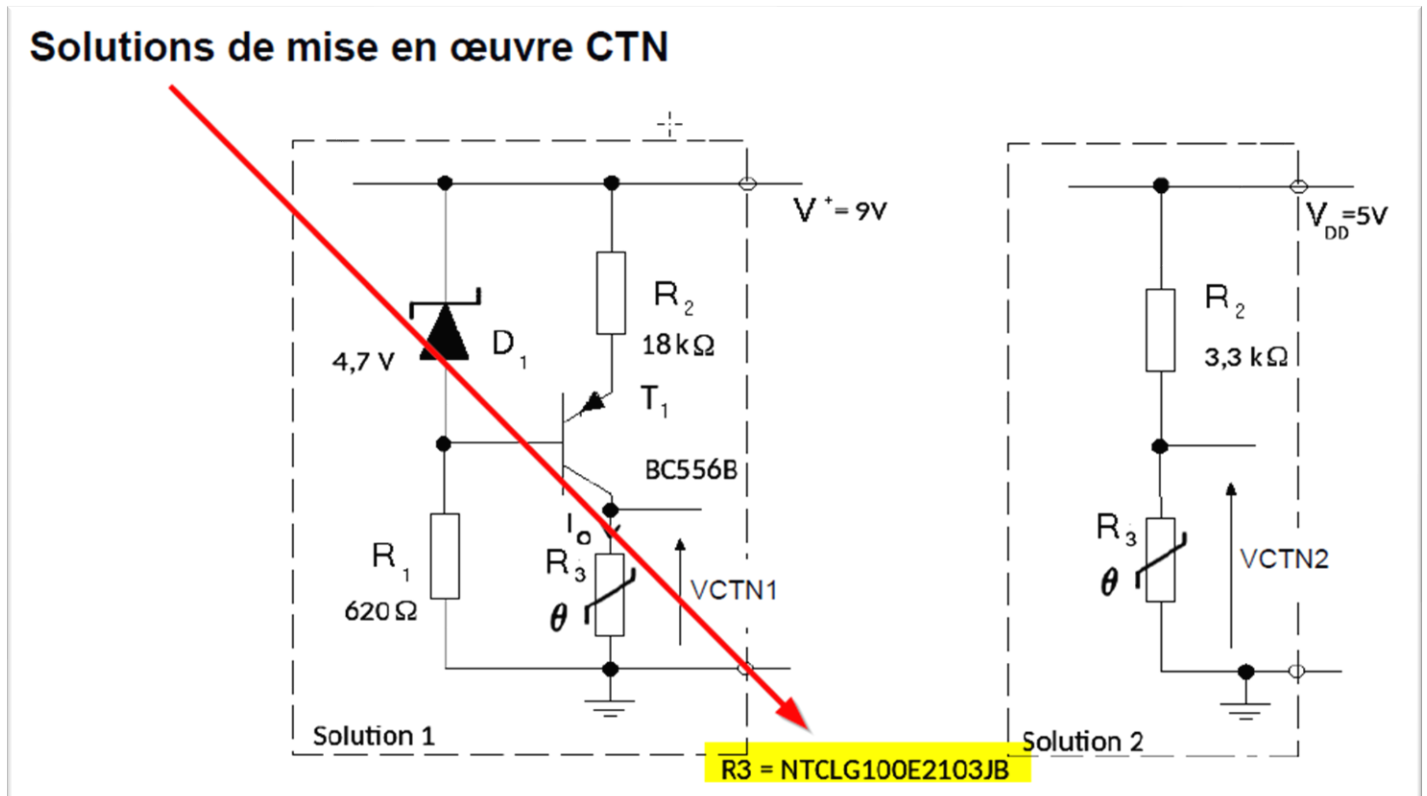
- L'adresse de ce réseau est 192.168.0.0
- L'adresse de diffusion (broadcast) : 192.168.255.255
- Toutes les autres adresses sont utilisables (y compris la 192.168.1.0)

Q8. Identifier sur le document **page DOC10** la référence de la CTN utilisée. En déduire la valeur de la résistance à 25 °C.

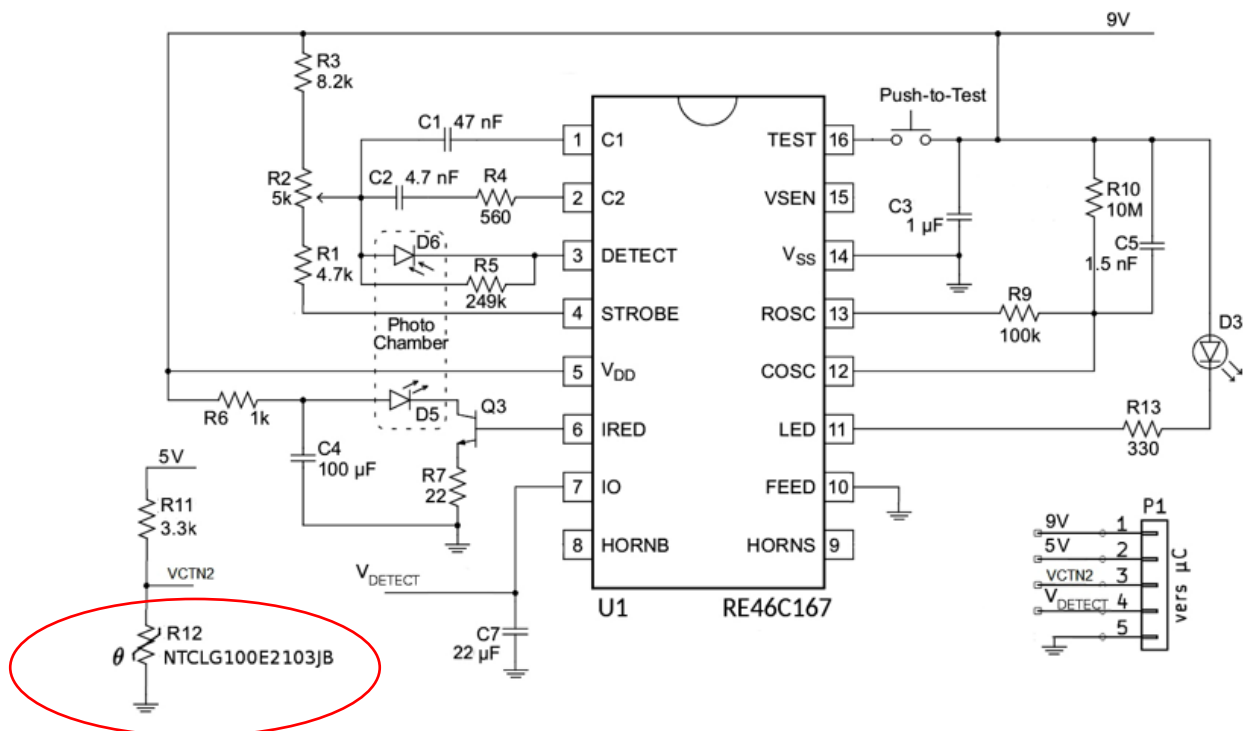
- Pas facile à trouver : il faut repérer les références (nom) de chaque composant.

Le CTN est une résistance, il y en a une dizaine mais le dont la référence s'y approche est NTCLG100E2103JB

- Par ailleurs son nom est donné doc 13



- Sur le schéma :



- Sa valeur à 25 °

C'est une CTN de type NTCLG100E2 dont la documentation est donnée DOC15.

Le tableau ci-dessous indique que la température de référence est de 25°C

QUICK REFERENCE DATA		
PARAMETER	VALUE	UNIT
Resistance value at 25 °C (R ₂₅)	10K to 220K	Ω
Tolerance on R ₂₅ -value	± 5	%
B _{25/85} -value	3797 to 3977	K
Tolerance on B _{25/85} -value	± 1.3 to ± 3	%
Operating temperature range	-40 to +200	°C
Maximum power dissipation at 55 °C	100	mW
Dissipation factor	2.5	mW/K
Response time	0.9	s
Thermal time constant τ	6	s
Climatic category (LCT / UCT / days)	40 / 200 / 56	
Weight	≈ 0.14	g

→ Donc le tableau suivant donne des valeurs pour cette température

- La référence exacte est NTCL100E2103JB qui a pour valeur 10 kΩ à 25 °C.

ELECTRICAL DATA AND ORDERING INFORMATION				
R ₂₅ (kΩ)	B _{25/85} -VALUE		SAP MATERIAL AND ORDERING NUMBER NTCLG100E2...	OLD 12NC CODE 2381 633 3/8...
	(K)	(± %)		
10	3977	1.3	103JB	3103
20	3977	1.3	203JB	3203
30	3977	1.3	303JB	3303
100	3977	1.3	104JB	3104
220	3797	3.0	224JB	3224

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES FOR NTCLG100E2						
TEMPERATURE (°C)	R _T /R ₂₅	R FOR 10 kΩ	R FOR 20 kΩ	R FOR 30 kΩ	R FOR 100 kΩ	ΔR/R (± %)
-40	33.21	332 094	664 187	996 281	3 320 936	10.08
-35	23.99	239 900	479 799	719 699	2 398 996	9.59
-30	17.52	175 200	350 399	525 599	1 751 996	9.12
-25	12.93	129 287	258 574	387 861	1 292 869	8.67
-20	9.636	96 358	192 716	289 074	963 582	8.24
-15	7.25	72 500	145 001	217 501	725 004	7.82
-10	5.505	55 046	110 092	165 138	550 459	7.42
-5	4.216	42 157	84 314	126 471	421 570	7.04
0	3.255	32 554	65 108	97 663	325 542	6.67
5	2.534	25 339	50 677	76 016	253 386	6.31
10	1.987	19 872	39 744	59 617	198 722	5.96
15	1.57	15 698	31 397	47 095	156 985	5.63
20	1.249	12 488	24 975	37 463	124 877	5.31
25	1.000	10 000	20 000	30 000	100 000	5.00
30	0.8059	8059	16 118	24 177	80 591	5.30
35	0.6535	6535	13 069	19 604	65 347	5.59
40	0.5330	5330	10 660	15 990	53 299	5.87
45	0.4372	4372	8743	13 115	43 717	6.14
50	0.3605	3605	7211	10 816	36 053	6.41
55	0.2989	2989	5977	8966	29 887	6.66
60	0.2490	2490	4980	7470	24 900	6.91
65	0.2084	2084	4169	6253	20 844	7.15
70	0.1753	1753	3506	5259	17 530	7.39
75	0.1481	1481	2962	4443	14 809	7.61
80	0.1256	1256	2513	3769	12 564	7.84
85	0.1070	1070	2141	3211	10 703	8.05
90	0.09154	915.4	1831	2746	9154	8.26
95	0.07860	786.0	1572	2358	7860	8.46
100	0.06773	677.3	1355	2032	6773	8.66
105	0.05857	585.7	1171	1757	5857	8.85
110	0.05083	508.3	1017	1525	5083	9.04
115	0.04426	442.6	885.2	1328	4426	9.22
120	0.03866	386.6	773.2	1160	3866	9.40
125	0.03387	338.7	677.5	1016	3387	9.57
130	0.02977	297.7	595.4	893.1	2977	9.74
135	0.02624	262.4	524.8	787.2	2624	9.91
140	0.02319	231.9	463.8	695.7	2319	10.07

Q9. Compléter le tableau (**document réponses DR-Pro1**) avec la valeur de la résistance de la CTN aux différentes températures proposées.

→ Le tableau donne les valeurs suivant la température (colonne 10k) DOC15

RESISTANCE VALUES AT INTERMEDIATE TEMPERATURES FOR NTCLG100E2								
TEMPERATURE (°C)	R_T/R_{25}	R FOR 10 kΩ	R FOR 20 kΩ	R FOR 30 kΩ	R FOR 100 kΩ	$\Delta R/R$ (± %)	α (%/K)	ΔT (± K)
-40	33.21	332 094	664 187	996 281	3 320 936	10.08	-6.62	1.52
-35	23.99	239 900	479 799	719 699	2 398 996	9.59	-6.39	1.50
-30	17.52	175 200	350 399	525 599	1 751 996	9.12	-6.18	1.48
-25	12.93	129 287	258 574	387 861	1 292 861	8.65	-5.97	1.46
-20	9.636	96 358	192 716	289 074	963 582	8.24	-5.78	1.42
-15	7.25	72 500	145 001	217 501	725 004	7.82	-5.60	1.40
-10	5.505	55 046	110 092	165 138	550 459	7.42	-5.42	1.37
-5	4.216	42 157	84 314	126 471	421 570	7.04	-5.25	1.34
0	3.255	32 554	65 108	97 663	325 542	6.67	-5.09	1.31
5	2.534	25 339	50 677	76 016	253 386	6.31	-4.93	1.28
10	1.987	19 872	39 744	59 617	198 722	5.96	-4.79	1.25
15	1.57	15 698	31 397	47 095	156 985	5.63	-4.64	1.21
20	1.249	12 488	24 975	37 463	124 877	5.31	-4.51	1.18
25	1.000	10 000	20 000	30 000	100 000	5.00	-4.38	1.14
30	0.8059	8059	16 118	24 177	80 591	5.30	-4.25	1.25
35	0.6535	6535	13 069	19 604	65 347	5.59	-4.13	1.35
40	0.5330	5330	10 660	15 990	53 299	5.87	-4.02	1.46
45	0.4372	4372	8743	13 115	43 717	6.14	-3.91	1.57
50	0.3605	3605	7211	10 816	36 053	6.41	-3.80	1.69
55	0.2989	2989	5977	8966	29 887	6.66	-3.70	1.80
60	0.2490	2490	4980	7470	24 900	6.91	-3.60	1.92
65	0.2084	2084	4169	6253	20 844	7.15	-3.51	2.04
70	0.1752	1752	3504	5256	17 520	7.39	-3.42	2.16

Car R= 10k (voir question précédente)

→ Donc pour 10°C : 19872

→ Donc pour 20°C : 12488 etc...

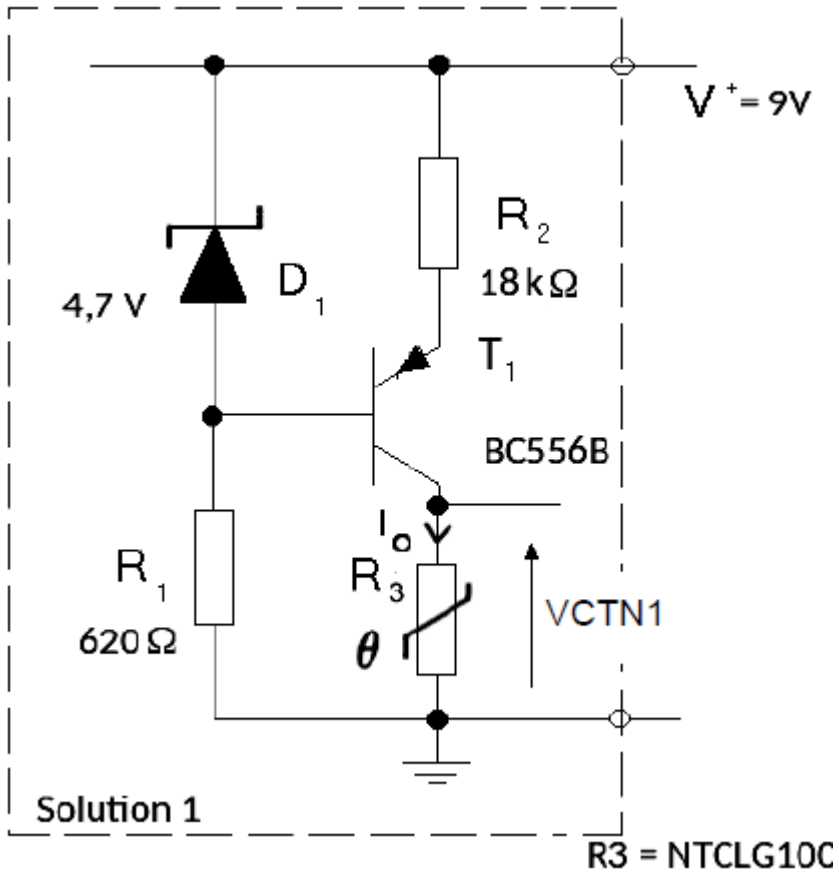
Température (°C)	10	20	40	60	80
RCTN (Ω)	19872	12488	5330	2490	1256
VCTN1 (V)	4,5	2,84	1,21	0,57	0,29
VCTN2 (V)	4,28	3,95	3,1	2,15	1,38

Q10. Déterminer la valeur du courant I_o du générateur de courant constant réalisé par les composants T1, D1 et associés sachant que $V_{EB} = 0,6 V$.

D'après l'énoncé :

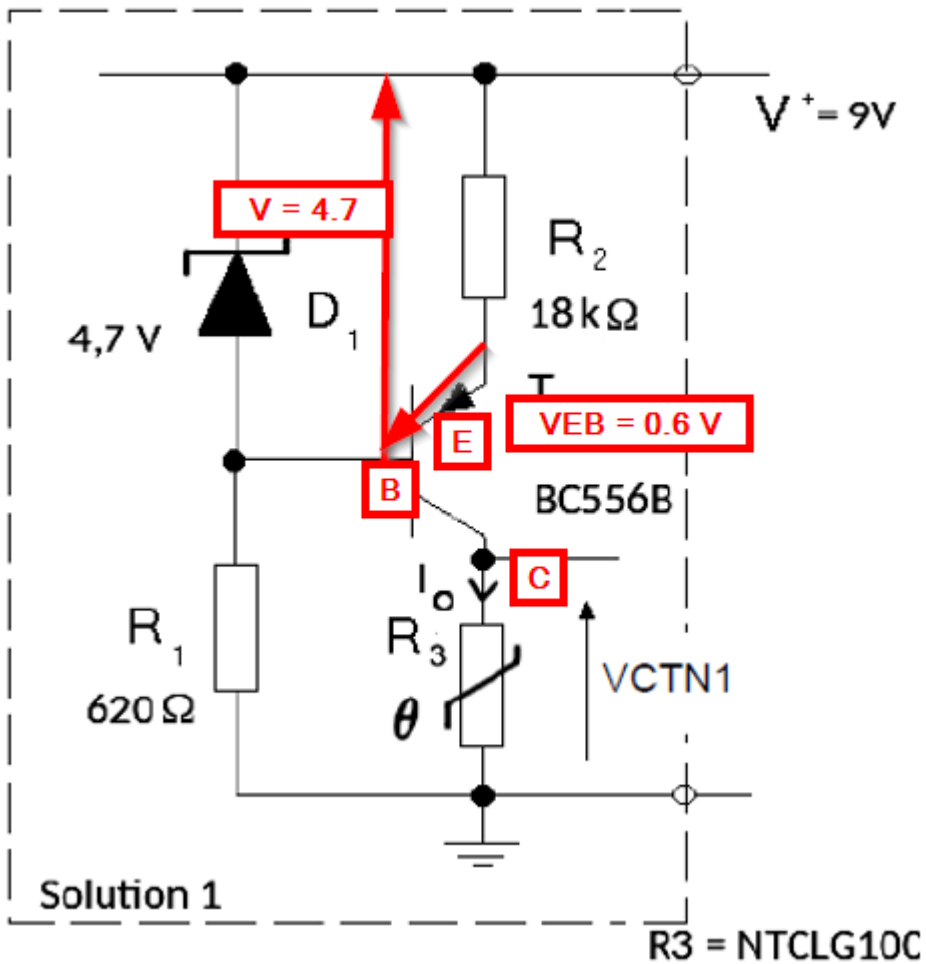
La solution 1 utilise un générateur de courant constant. On admettra que le courant I_o dans la CTN (R3) est identique à celui circulant dans R2.

Le schéma est



La diode Zéner va imposer une tension de 4.7V et $V_{EB} = 0.6V$ C'est un générateur de courant constant.

Donc le schéma est



$$V_{D1} = V_{R2} + V_{EB} \rightarrow V_{R2} = V_{D1} - V_{EB}$$

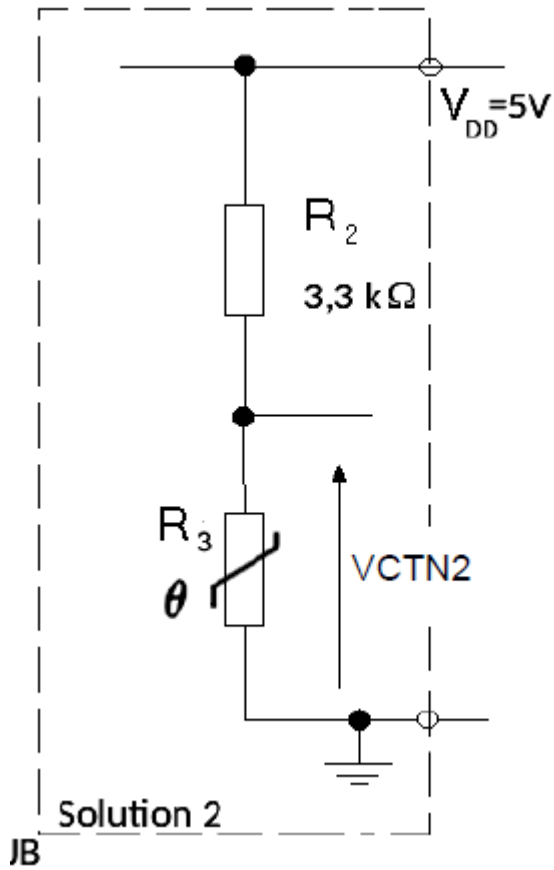
$$\text{Et } V_{R2} = R_2 \cdot I_0 \rightarrow I_0 = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{V_{D1} - V_{EB}}{R_2}$$

$$\text{AN } I_0 = \frac{4.7 - 0.6}{18^3} = 0.228 \text{ mA}$$

Q11. Compléter le tableau (**document réponses DR-Pro1**) avec la valeur de tension VCTN1 pour la solution 1.

$$VCTN1 = R3 \cdot I_0 \text{ (loi d'Ohm)}$$

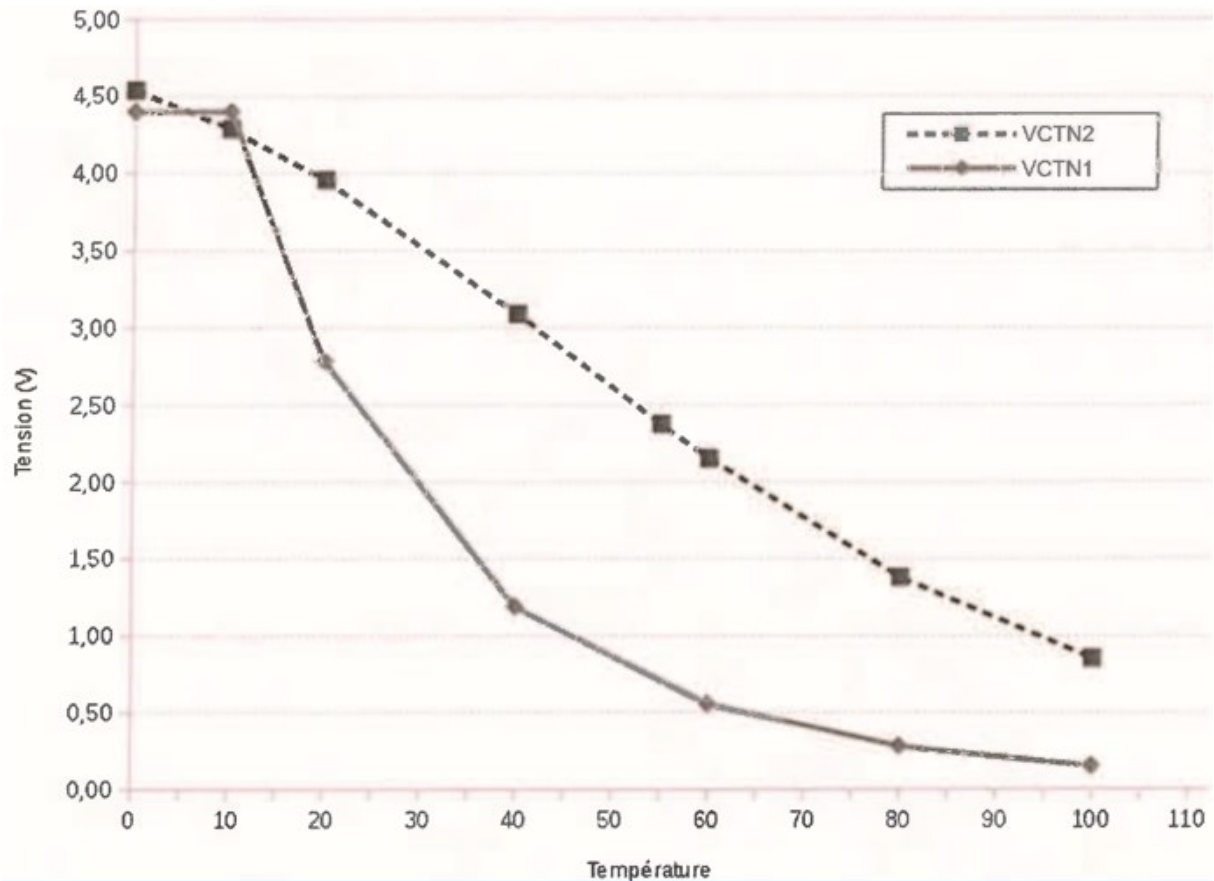
Q12. Compléter le tableau (**document réponses DR-Pro1**) avec la valeur de tension VCTN2 pour la solution 2.



$$VCTN2 = V_{DD} \frac{R_3}{R_2 + R_3} \text{ (Diviseur de Tension)}$$

Avec $V_{DD} = 5V$ et $R_3 = 3.3\text{ k}\Omega$

Q13. Tracer les courbes des tensions VCTN1 et VCTN2 (document réponses DR-Pro1).



Q14. Valider le choix des concepteurs pour la solution 2.

La solution avec un pont diviseur permet d'obtenir une meilleure linéarité.

Q15. Déterminer le quantum du convertisseur.

Dans le sujet le convertisseur est sur 8 bits :

Les capteurs de détection de feux doivent détecter une élévation de température, qu'elle soit lente ou rapide. Le seuil de détection est placé à 55 °C. Les capteurs de la société CHUBB utilisent une CTN (**page DOC12**) pour mesurer la température. Le microcontrôleur utilise son convertisseur **en mode 8 bits**. Un extrait du programme (**document réponses DR-Pro1**) permet de détecter une élévation de température et permet de déclencher une alerte feu. La précision de mesure requise est de 1 °C. La tension de référence utilisée pour le microcontrôleur est de 5 V.

La tension de référence est de $V_{dd} = 5V$.

Le convertisseur convertit sur 8 bits donc le quantum est :

$$q = \frac{V_{ref}}{2^n} = \frac{5}{2^8} = \frac{5}{255} = 19.6mV$$

Q16. Compléter le programme (**document réponses DR-Pro1**) afin de détecter le dépassement du seuil sachant que $VCTN2 = 2,38 V$ à 55 °C.

Le quantum est 19.6mV

$$\text{Pour valeur de } 2.38v \rightarrow \text{valeur} = \frac{\text{voltage}}{q} \rightarrow \text{AN valeur} = \frac{2.38}{19,6 \cdot 10^{-3}} \approx 121.4$$

Il faut prendre la valeur inférieure dont 121.

Pourquoi inférieure ?

D'après la question Q9 et suivantes, le tableau montre que VCTN2 diminue lorsque la température augmente !!!

Température (°C)	10	20	40	60	80
RCTN (Ω)	19872	12488	5330	2490	1256
VCTN1 (V)	4,5	2,84	1,21	0,57	0,29
VCTN2 (V)	4,28	3,95	3,1	2,15	1,38

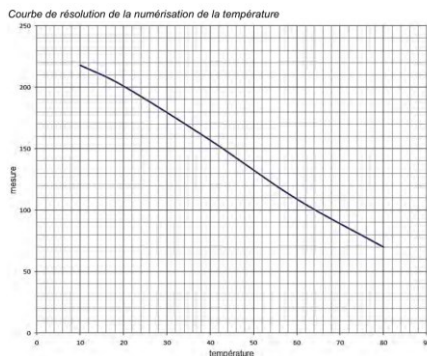
Si le résultat de conversion est inférieur à 121, alors la température est supérieure à 55 °C et déclenche une alarme

Simplement dans le code on détecte dès que la mesure if (mesure <121)

```
int8 mesure_temperature(void) {
    int8 mesure ;
    set_adc_channel(CTN) ;
    mesure= read_adc() ;

    if (mesure <121) alarme = true ;    // à compléter
    return mesure ;
} /* fin de mesure_temperature() */
```

Q17. Calculer le pas de la température qui correspond à la résolution sur la plage de 10 °C à 80 °C.



D'après

Pour 10 °C : 218, pour 80 °C : 70 ; ce qui donne une résolution de :

$$(218 - 70)/(80 - 10) = 0,47 \text{ °C}$$

Q18. Valider la précision de la mesure trouvée.

CHUBB utilisent une CTN (**page DOC12**) pour mesurer la température. Le microcontrôleur utilise son convertisseur en mode 8 bits. Un extrait du programme (**document réponses DR-Pro1**) permet de détecter une élévation de température et permet de déclencher une alerte feu. La précision de mesure requise est de 1 °C. La tension de référence utilisée pour le microcontrôleur est de 5 V.

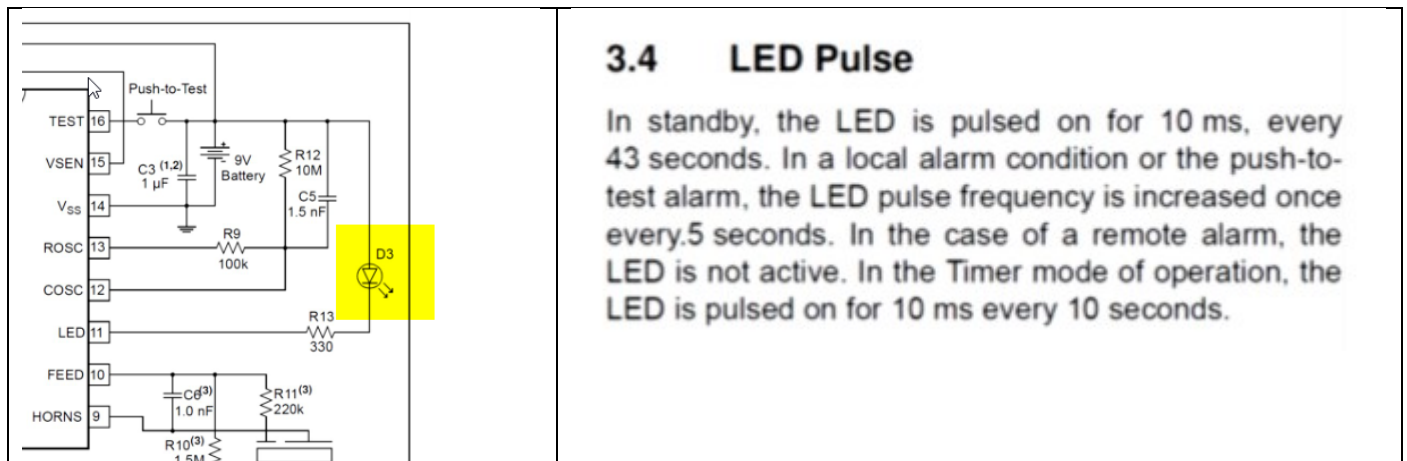
La résolution de 0,47 °C est inférieure à 1 °C et donc conforme à l'exigence demandée.

Remarque : la logique aurait été d'avoir cette exigence dans ... le diagramme d'exigences. Mais non

Q19. Préciser le principe de détection de la fumée.

La fumée va être détectée par mesure de l'opacité d'une chambre à l'aide d'une led infrarouge et d'un photo-détecteur.

Q20. Préciser le signal lumineux produit par D3 (page DOC14) vu par les utilisateurs sur le détecteur en cas de détection de fumée.



La led D3 signale une détection de fumée par une augmentation de la fréquence des flashes une fois toutes les 5s.

Q21. Calculer les périodes (min et max) de l'oscillateur interne de U1 (page DOC10) en tenant compte des tolérances des composants. Conclure quant au choix de ces composants et des caractéristiques attendues (page DOC16).

The oscillator period is determined by the values of R9, R12 and C5 (see the **Typical Application** figure). The oscillator period is as follows:

EQUATION 3-1:

$$T = TR + TF$$

Where:

$$TR = .693 * R12 * C5$$
$$TF = .693 * R9 * C5$$

$$T = Tr + Tf$$

$$Tr = 0.693 * R12 * C5 = 0.693 * 10 * 10^6 * 1.5 * 10^{-9} = 10,395 \text{ ms} = \mathbf{10,4 \text{ ms}}$$

$$T_f = 0.693 \cdot R_9 \cdot C_5 = 0.693 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 1.5 \cdot 10^{-9} = \mathbf{0.104 \text{ ms}}$$

Donc $T = 10.5 (10.4 + 0.104) \text{ ms}$, valeur en accord avec la documentation :

Parameter	Symbol	Test Pin	Min	Typ	Max	Units	Clocks	Conditions
AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS								
AC Electrical Characteristics: Unless otherwise indicated, all parameters apply at $T_A = -25^\circ$ to 75° , $V_{DD} = 9V$, Typical Application (unless otherwise noted), $V_{SS} = 0V$.								
Oscillator Time Base (COSC, ROSC)								
Oscillator Period	T_{POSC}	9	9.38	10.42	11.46	ms	1	Operating, Note 1
Oscillator Tolerance	T_{TOOSC}	9	-10	0	10	%	1	Operating

$$9.38 \text{ ms} < T < 11.46 \text{ ms}$$

Les tolérances en -2% et -5% donnent $T_r = 9,67 \text{ ms}$, $T_f = 0,0967 \text{ ms}$;

$$T = 9,77 \text{ ms} > 9,38 \text{ ms}$$

Les tolérances en +2% et +5% donnent $T_r = 11,13 \text{ ms}$, $T_f = 0,11 \text{ ms}$;

$$T = 11,24 \text{ ms} < 11,46 \text{ ms}$$

Donc $T_{POSCmin} = 9,38 \text{ ms} > 9,77 \text{ ms}$ théorique

Et $T_{POSCmax} = 11,49 \text{ ms} > 11,2 \text{ ms}$ théorique

Les composants sont bien dimensionnés, on respecte les contraintes.

Q22. Préciser les grandeurs physiques analysées par le capteur lors de la détection de feu.

Mesure de la température et de l'opacité de l'air (par absorption infrarouge).

Q23. Citer un avantage du nouvel algorithme de détection.

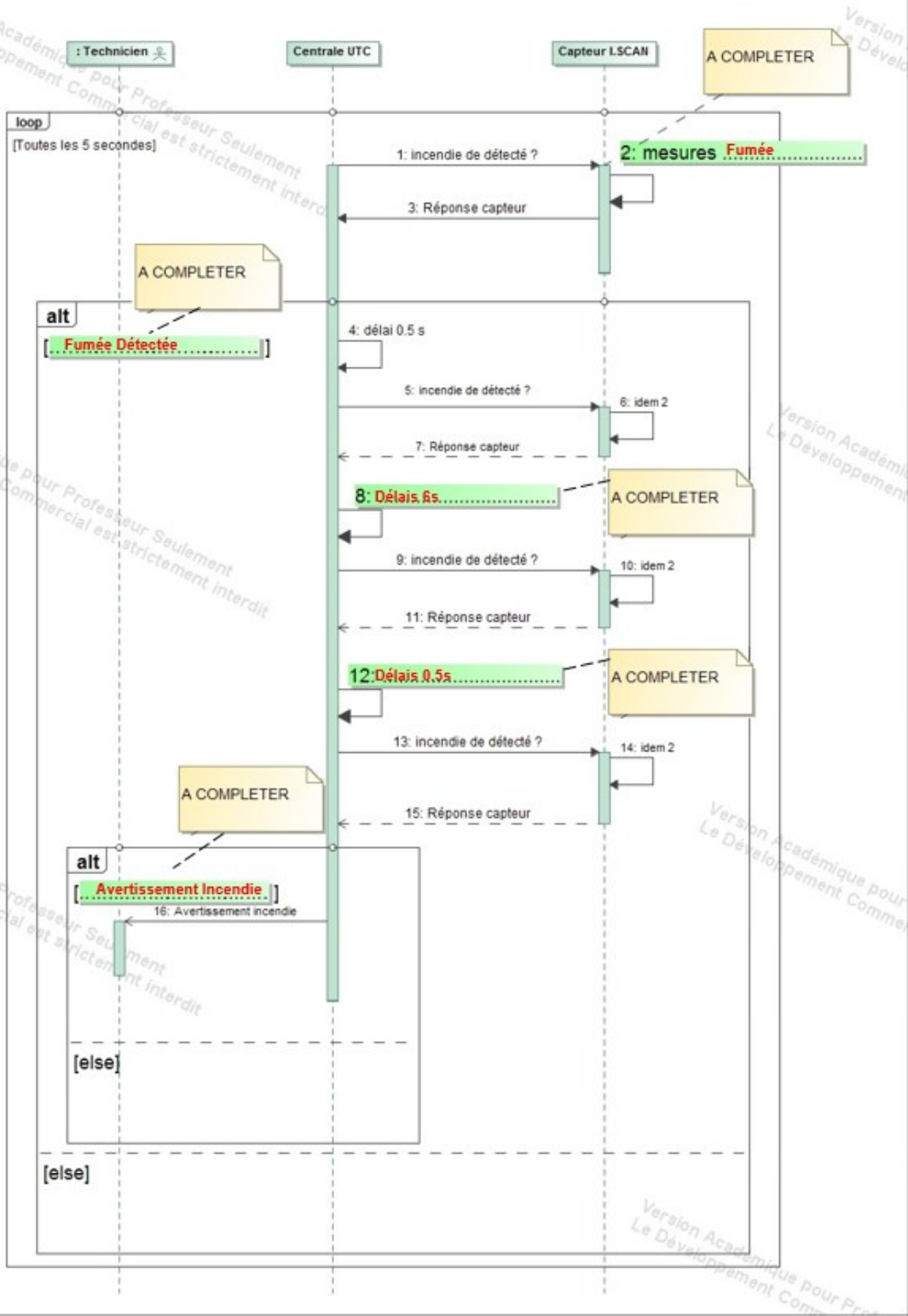
Le nouvel algorithme permet d'éviter les fausses alarmes qui pourraient intervenir sur un parasite et d'accélérer la détection selon le type de feu.

Q24. Citer un inconvénient de ce nouvel algorithme. Conclure face aux exigences du système.

La détection est plus lente puisque l'alarme se déclenche 7 secondes (0,5 + 6 + 0,5) après la première détection.

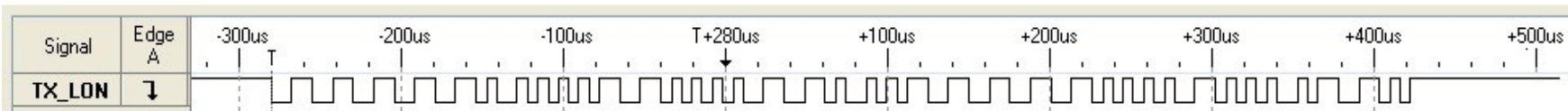
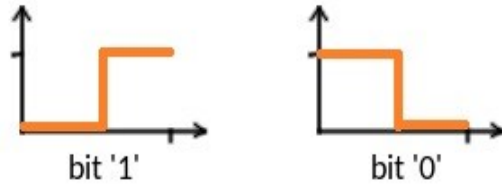
Q25. Compléter sur le document réponses DR-Pro2 le diagramme de séquence de détection de feu d'après la description du fonctionnement du détecteur.

sd [Interaction] capteur fumée incomplet[capteur fumée incomplet]



PARTIE C TRANSMISSION SUR RESEAU LONWORK

Allure bit :



Q26. Déterminer la durée d'envoi d'une trame

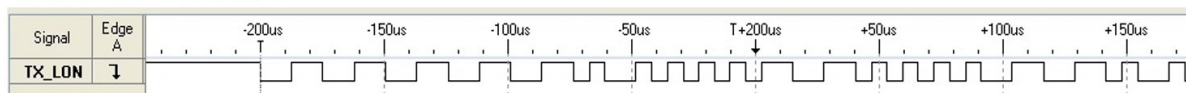


Début de trame à $-285 \mu\text{s}$ **BIT 0** et fin de trame à $415 \mu\text{s}$.

La durée de la trame est de $710 \mu\text{s}$ en tenant compte des deux demi-bits Manchester en début et fin de trame.

Q27. Déterminer, à partir du zoom sur le début de la trame, la vitesse de transmission.

Zoom sur le début de la trame :



On peut identifier 8 bits en 100 μ s environ sur le début de trame ou 24 bits en 300 μ s environ.

Soit un bit = 12,5 μ s. Le débit de la transmission est donc de $1 / 12,5 \mu\text{s} = 80 \text{ kbits/s}$ environ (78 kbits/s dans la documentation Echelon).

Q28. Indiquer les éléments utiles de la trame. En déduire le débit utile sur cette ligne de transmission.

Page 6 :

La commande et les données sont les éléments utiles de la trame et permettent de configurer ou d'obtenir des informations des différents composants du réseau.

Une trame a pour longueur environ 710 μ s et transmet 2 fois 8 bits de données utiles (les champs Commande et Données).

Le débit utile est de 16 bits en 710 μ s soit un débit de $16/710 \cdot 10^{-6} = 22,5 \text{ kbits/s}$.

Q29. Donner le nombre de nœuds maximum sur une branche (subnet) de réseau LonWorks.

Doc 22

Le troisième niveau d'adressage est le nœud (node). Il peut y avoir 127 nœuds par subnet.

Il y a 127 nœuds maximum sur une branche LonWorks

Q30. Déterminer le temps de vérification de la présence de tous les nœuds sur une branche du réseau.

Il faut $127 \cdot (710 \mu\text{s} + 80 \mu\text{s}) = 100 \text{ ms}$

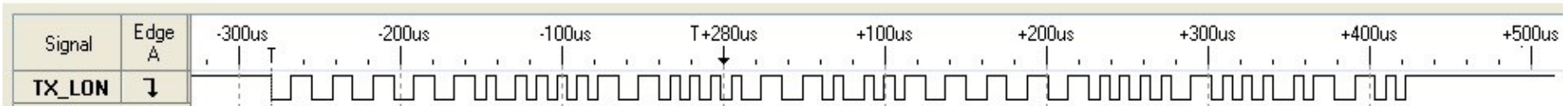
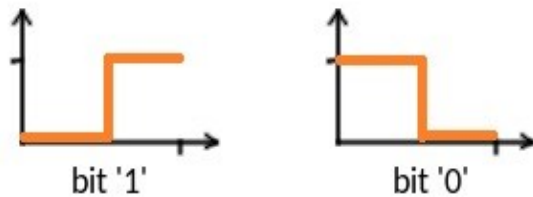
(il y a une pause de 80 μ s entre deux envois de trames)

Q31. Valider le temps de vérification de la présence de tous les nœuds par rapport au cycle de scrutation de la centrale (**page DOC9**).

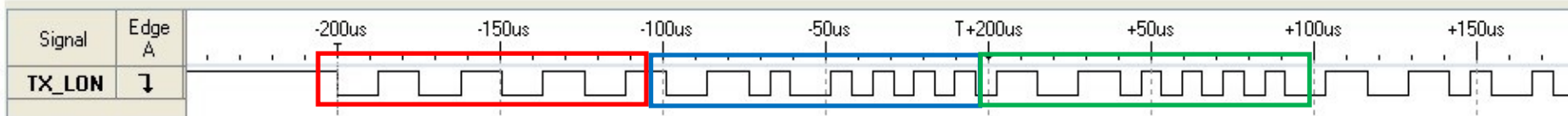
5s (temps inter-interrogation des capteurs) >> au 100 ms.

Q32. Encadrer sur le **document réponses DR-Pro3** l'en-tête de frame.

Allure bit :



Zoom sur le début de la trame :



Valeur
binaire

0 1 0 1 0 1 0 1	0 1 0 0 1 1 1 1	1 0 1 0 0 0 0 0
En tête	Adresse destinataire	Adresse source

Adresse source

en binaire :

en décimal :

Adresse destinataire

en binaire :

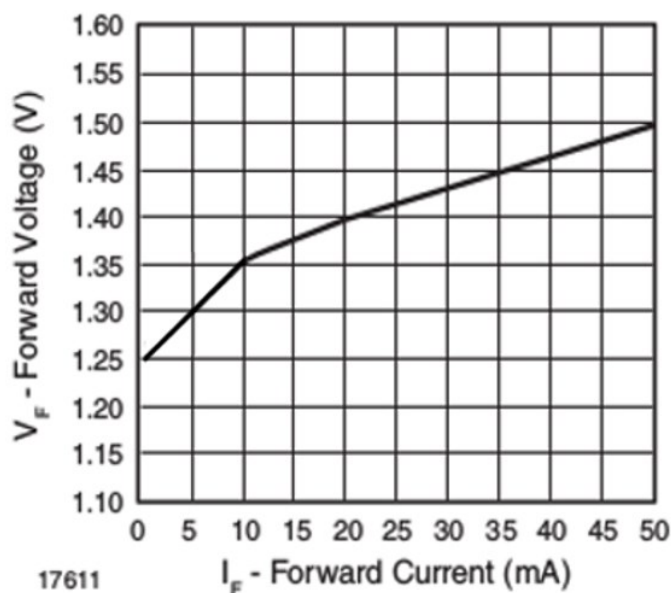
en décimal :

Q33. Décoder la trame sur le **document réponses DR-Pro3** et compléter la valeur de l'adresse source et de l'adresse destinataire, en binaire puis en décimal, sur le **document réponses DR-Pro3**.

Q34. Préciser, à partir de l'adresse destinataire et en le justifiant, si la trame est destinée à un capteur de la gamme I.SCAN+.

L'adresse destinataire est 79 soit inférieur à 100. Cette adresse correspond à un capteur I.SCAN+ dont les adresses sont comprises entre 1 et 99.

Q35. Déterminer les valeurs des coefficients a et b de l'équation $V_F = a \cdot I_F + b$ qui modélise la caractéristique de la LED de l'optocoupleur entre 1 mA et 10 mA.



$$a = \frac{(1,36 - 1,25)}{0,009} = \frac{0,11}{0,009} = 12,2 \text{ ohms}$$

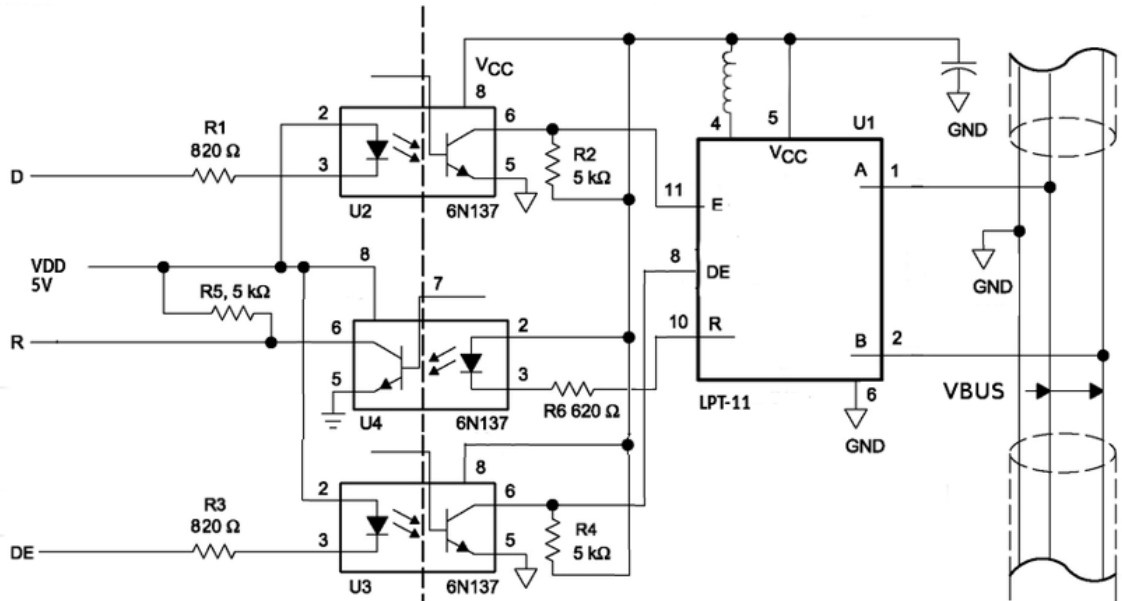
On calcule b au point 1,36 V et 10 mA.

$$1,36 = \frac{(0,11 \cdot 0,01)}{0,009} + b$$

$$b = 1,36 - \frac{(0,11 \cdot 0,01)}{a + 0,009} = 1,24 \text{ V}$$

Q36. Déterminer le courant I_F qui traverse la résistance R1 en utilisant le modèle trouvé précédemment.

Schéma transmission du signal

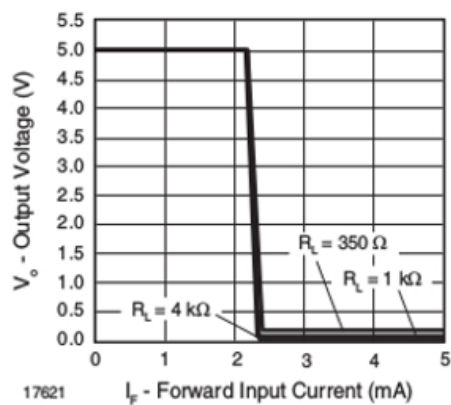


$VDD = R1 \cdot I_f + V_f$, avec $V_f = a \cdot I_f + b$ ce qui donne:

$$Vdd = R1 \cdot I_f + a \cdot I_f + b = (a + R1) \cdot I_f + b$$

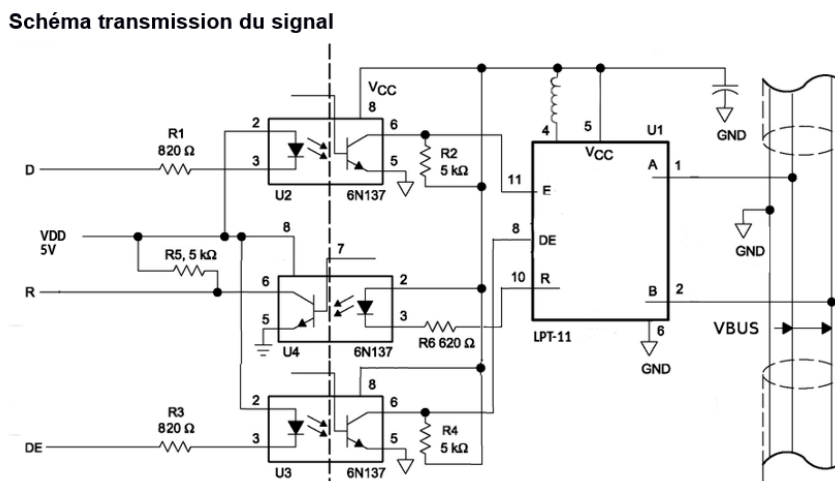
$$I_f = \frac{(VDD - b)}{a + R1} = 4,5 \text{ mA}$$

Q37. Vérifier que le courant I_F est compatible avec le fonctionnement de l'optocoupleur U2.



Le courant de 4,5 mA est au-dessus du seuil de basculement de la led (2,3 mA environ).

Q38. Compléter, sur le document réponses DR-Pro3, la valeur de la tension présente en broche 6 de l'optocoupleur U2 en fonction de l'état de l'entrée D.



Quand le point D est à '0' la diode conduit, le courant dans la diode est supérieur à 2,3mA donc $V_o = 0$ V.

Tension signal D (V)	0	5
Tension broche 6 de U2 (V)	0	5

Q39. Donner le mode d'alimentation du module LPT-11.

Auto-alimentation grâce à la tension continue (VBUS) présente sur le bus. Il fournit une alimentation (VCC) pour les autres composants.

Q40. Donner le nombre maximum de capteurs par boucle possible avec l'utilisation de ce module. Vous préciserez le critère permettant de définir ce nombre maximum.

128 capteurs si $i = 25$ mA et 64 si $i = 50$ mA ; 32 si $i = 100$ mA

Plus il y a de consommation et moins on peut installer de nœuds.

La distance diminue elle aussi inversement à la consommation sur le bus.

Q41. Donner l'intérêt de travailler sur une ligne différentielle et d'utiliser une paire torsadée pour la transmission.

Immunité aux parasites.