

TD2 : Système de surveillance de la qualité de l'eau

A- Présentation

La qualité de l'eau constitue un enjeu majeur pour la préservation de l'environnement et la prévention des pollutions, surtout dans les zones agricoles et les bassins hydrauliques. Au Maroc, les Agences des Bassins Hydrauliques (ABH) et le Secrétariat d'État chargé de l'Eau assurent le suivi des eaux de surface. Des projets pilotes avec des stations connectées et des réseaux IoT comme LoRaWAN émergent dans certaines smart cities (Casablanca, Rabat, Marrakech), favorisant ainsi une gestion intelligente et durable des ressources en eau.

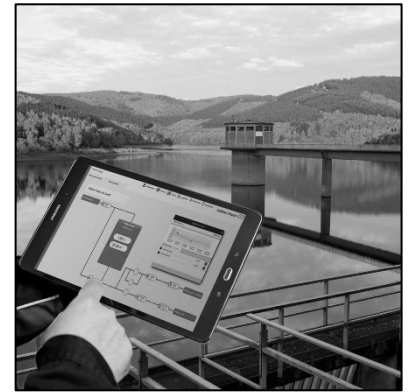
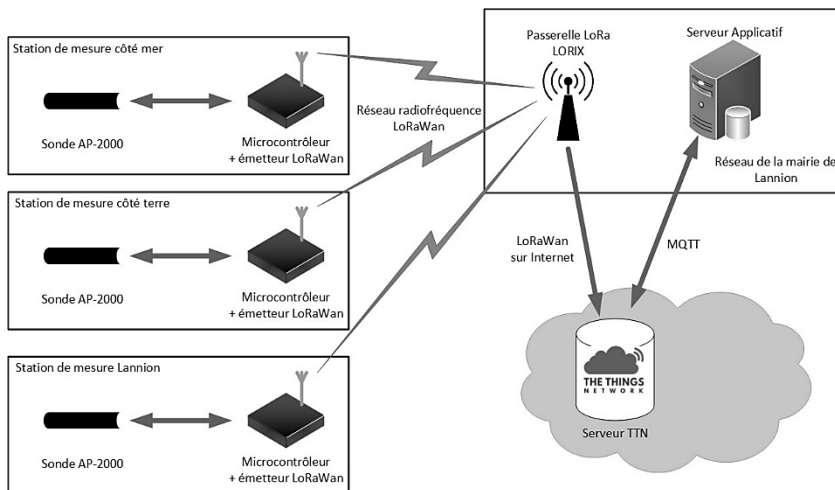


Figure 1 : émetteur LoRaWAN

Les stations de mesure connectées transmettent les données via LoRaWAN vers une passerelle locale, qui relaie ensuite ces informations vers un serveur central par internet. Le protocole MQTT assure l'échange des données avec les plateformes de gestion environnementale.

B- Mesure de la qualité de l'eau

La concentration en oxygène dissous constitue l'un des indicateurs essentiels pour évaluer la qualité de l'eau d'une rivière. Elle représente la quantité de dioxygène gazeux présente dans l'eau, exprimée en pourcentage par rapport au niveau de saturation à une température donnée.

Problématique : *S'assurer que les données transmises (débit et concentration en oxygène) correspondent fidèlement aux valeurs mesurées par les capteurs, garantissant ainsi la fiabilité du système de surveillance.*

Le taux d'oxygène s'exprime de la manière suivante :

$$C_r = 100 \cdot \frac{C}{C_s} \quad (\text{en } \%)$$

- C_r : taux d'oxygène dissous en pourcentage (%) ;
- C : concentration d'oxygène dissous mesurée, exprimée en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;
- C_s : concentration d'oxygène dissous à saturation, en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

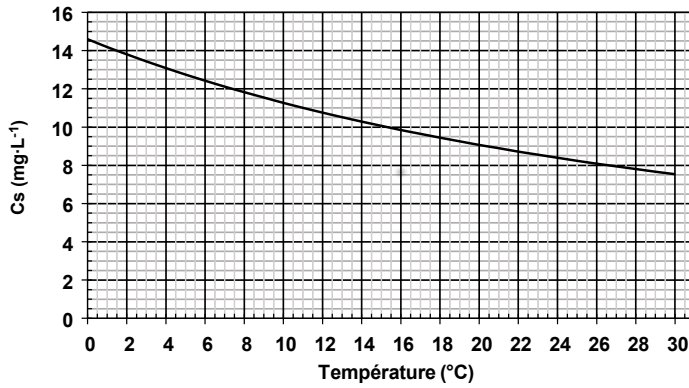
Ce taux d'oxygène dissous reflète le degré d'équilibre entre l'oxygène présent dans l'air et celui dissous dans l'eau.

- Lorsque $C_r < 100$ %, l'eau est sous-saturée en oxygène (manque d'oxygène).
- Lorsque $C_r > 100$ %, l'eau est sursaturée (trop d'oxygène).

Lors d'une campagne de mesure effectuée par la sonde multi-paramètre AP-2000, les valeurs suivantes ont été relevées :

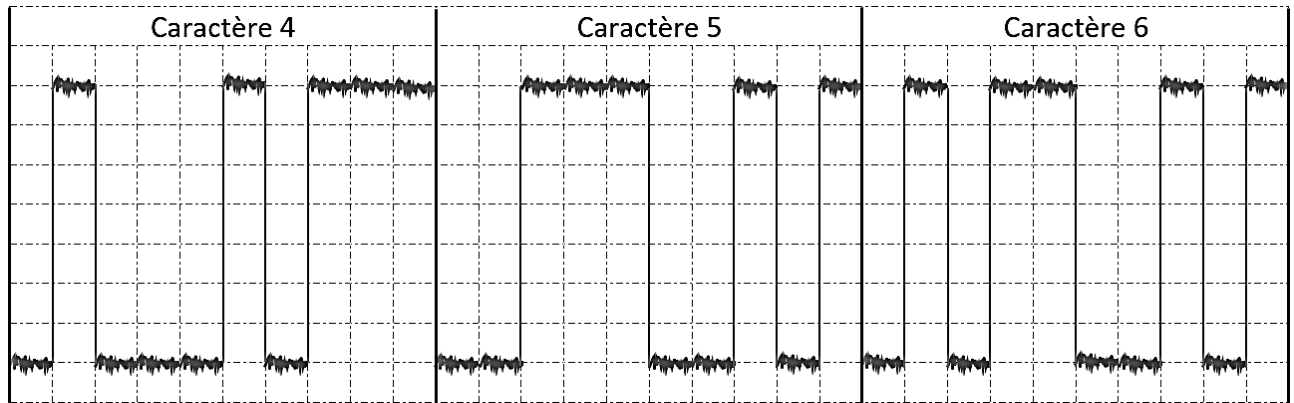
- Température de l'eau : $T = 10,8$ °C
- Taux d'oxygène dissous : $C_r = 73,4$ %
- Concentration d'oxygène dissous (C) : à déterminer.

Ces données sont ensuite transmises à l'émetteur radio pour exploitation. La concentration à saturation, notée C_s , en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, qui dépend de la température est représentée **figure ci-dessous**.



- **Question 1 :** Déterminer graphiquement la concentration à saturation C_s en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pour la température mesurée.
- **Question 2 :** En déduire la valeur de la concentration en oxygène, notée C , en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

La concentration d'oxygène, notée C en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, est transmise sous forme de **6 caractères**. Un agrandissement de l'oscillogramme (figure ci-dessous) a été réalisé sur la partie de la trame correspondant aux trois derniers caractères de cette valeur.

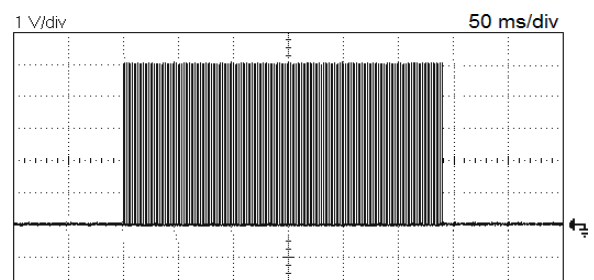


- **Question 3 :** Quelle est le type de ce capteur et comment fournir les données mesurées ?
- **Question 4 :** Compléter le tableau ci-dessous, pour le caractère 4, 5 et 6, à l'aide de la documentation et de la table des caractères ASCII en documentation en annexe.

	Lecture graphique	Mot binaire	Valeur en hexadécimale	Caractère
Caractère 1	1101010	0101011	\$2B	« + »
Caractère 2	0000110	0110000	\$30	« 0 »
Caractère 3	0001110	0111000	\$38	« 8 »
Caractère 4				
Caractère 5				
Caractère 6				

- **Question 5 :** Comparer la concentration d'oxygène obtenue à partir des 6 caractères transmis avec la valeur calculée, puis conclure sur la validité de la donnée transmise.

Les données mesurées sont envoyées sous forme de caractères via un fil unique, en respectant le protocole SDI-12 présenté dans le document SP1. Une trame SDI-12 a été enregistrée à l'oscilloscope lors d'une acquisition (figure ci-dessous). Cette trame contient **34 caractères**, soit un total de **340 bits**.

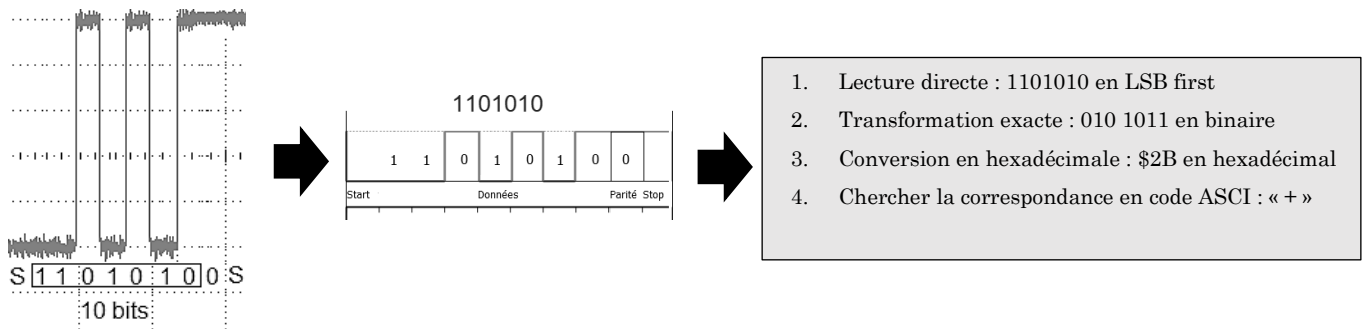


- **Question 6 :** Déterminer la durée T de la trame transmise.
- **Question 7 :** En déduire la durée d'un bit TB.
- **Question 8 :** Déterminer le débit binaire D de la transmission, puis vérifier si cette valeur est conforme au débit standard du protocole SDI-12 ($D_{SDI12} = 1200$ bauds).

Annexes :

➤ Documentation SP1. Décodage des trames SDI12.

- Les données sont transmises sous forme de caractères.
Exemple de message reçu avec 34 caractères : "0+6.891+112.8+01.223+018.72+000.00"
Adresse - grandeur 1 - grandeur 2 - grandeur 3 - grandeur 4 - grandeur 5
- Pour chaque caractère, le format de la trame est le suivant :
 - 1 bit de start à l'état bas
 - 7 bits de données : LSB en premier, logique inversée
 - 1 bit de parité paire
 - 1 bit de stop à l'état haut
 - Décodage des deux premiers caractères :



➤ Tableau de code ASCII : Documentation SP1. Décodage des trames SDI12

MSB \ LSB		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	1011	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	000	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	001	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	010	SP	!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/
3	011	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	0	>	?
4	100	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	101	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]	^	_
6	110	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	111	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

Exemple la lettre A



	LSB				MSB			
Binaire	1	0	0	0	0	0	0	1
Hexadécimale	4				1			
La lettre A : $(1000001)_{(2)}$ et $(41)_{(16)}$ (ou 41h)								