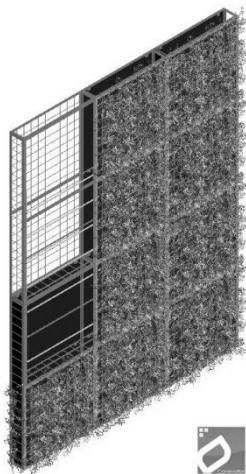


Etude de la végétalisation de la gare M2 LAUSANNE – FLON

La ville de Lausanne, en Suisse, a lancé depuis une dizaine d'années un programme de réhabilitation du quartier Flon. Au cœur de ce quartier de 55000 m² se croisent des lignes ferroviaires (nationales et régionales), des lignes de bus ainsi qu'une nouvelle ligne de métro pour laquelle la gare M2 a été construite.

Les travaux réalisés ont également conduit à la réorganisation de l'espace public alentour et à la refonte des circulations piétonnes et routières pour améliorer le cadre de vie.

La maîtrise d'œuvre du projet est assurée par les cabinets d'architectes Bernard Tschumi Architects (Paris et New-York) et Merlini et Ventura (Lausanne). Ils ont fait appel à la société Canevaflor (Lyon) pour réaliser la végétalisation de la gare M2.



La société Canevaflor conçoit et développe une solution de murs végétalisés.

Cette solution consiste en une structure modulaire en acier mécano-soudée (*gabion*) contenant un substrat permettant le développement optimal de la végétalisation. Chaque structure possède un format standard de **200 x 100 x 20 cm**.

L'exploitation d'un mur végétalisé requiert une maîtrise de l'irrigation des végétaux et de la fertilisation du substrat pour garantir l'efficacité du mur.

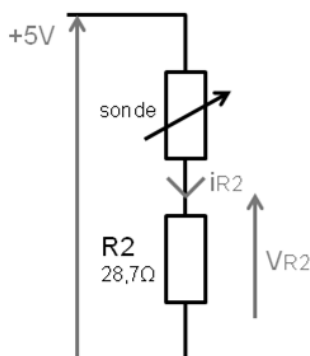
L'assemblage du mur et la plantation sont réalisés directement sur site ce qui permet un type de plantation spécifique à chaque projet.

Gestion asservie de l'arrosage automatique

Le module qui exécute les programmes des cycles d'arrosage automatique est interfacé à différents capteurs, dont des sondes hygrométriques qui mesurent le taux d'humidité du substrat en différents points du mur.

Une sonde est assimilable à une résistance dont la valeur varie en fonction du taux d'humidité du substrat. Son principe de fonctionnement est celui d'un pont diviseur de tension.

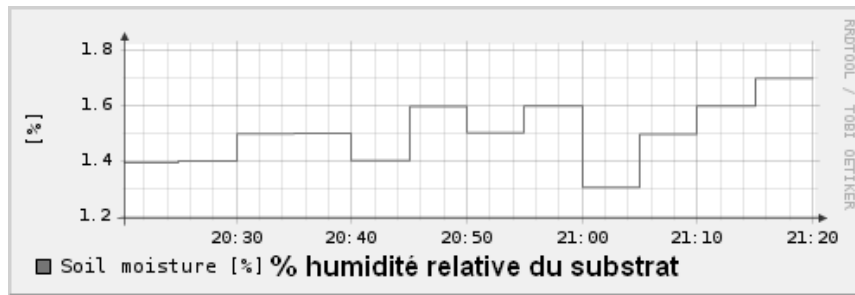
Le schéma de principe du conditionneur lié à la sonde ainsi que les données de calibration du capteur sont donnés ci-dessous :



i_{R2} (mA)	État de la Sonde	Taux d'humidité relative du substrat
0.2368	sèche	0 %
1.4000	mouillée	100 %

Tableau 2 : calibration d'une sonde hygrométrique.

Un exemple de relevé de données tirées d'une sonde hygrométrique, indiquant le taux d'humidité dans le substrat à différentes heures de la journée, est reproduit ci-dessous :

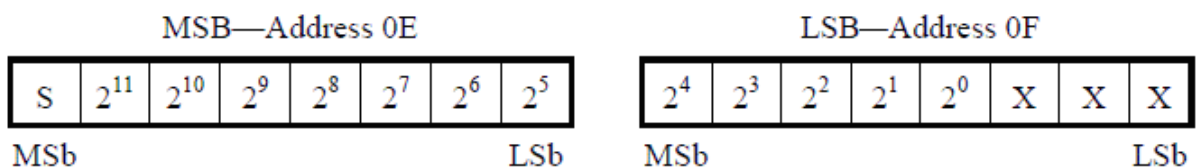


Question 1.1 En vous basant sur le relevé ci-dessus, indiquer quel était le taux d'humidité à 20h35.

Question 1.2 Déterminer la valeur de la tension V_{R2} pour les deux cas extrêmes d'un taux d'humidité relative de 0 % et de 100 % en appliquant la loi d'Ohm.

Au sein de chaque sonde hygrométrique se trouve un convertisseur analogique-numérique (CAN) qui permet de convertir la valeur de la tension V_{R2} . Cette valeur est mémorisée dans un registre de la sonde concernée appelé *Current Register*.

On donne ci-dessous le format de ce registre :



Format du registre « *Current Register* ».

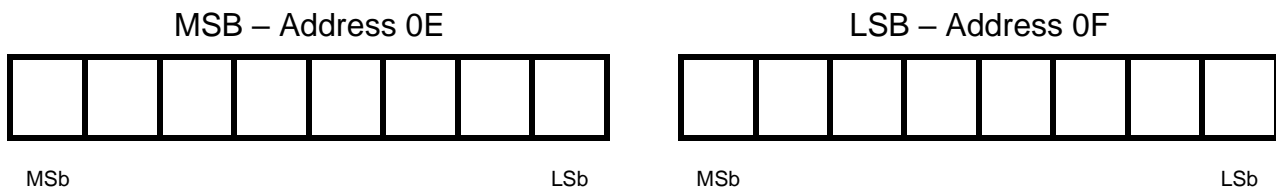
La tension est codée sur 13 bits : 12 bits sont alloués à la valeur absolue, 1 bit est alloué au signe (S = 0 pour une valeur positive).

La résolution du codage numérique de la tension est de $15,625 \mu\text{V}$ par bit.

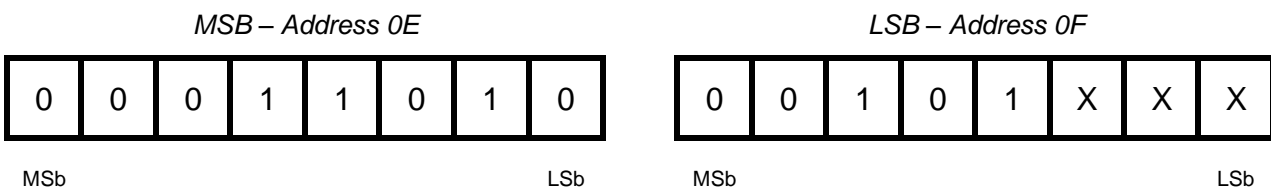
Question 1.3 Donner la valeur du quantum Q.

Question 1.4 Vérifier que le codage sur 13 bits est adapté pour convertir sous forme numérique la plage de tensions relevées par les hygromètres.

Question 1.5 Indiquer, pour le cas extrême d'un taux d'humidité relative de 100 %, la valeur mémorisée dans le « Current Register ».



Question 1.6 Donner la valeur de la tension puis celle de l'intensité pour le « Current Register » suivant :



Réduction de la consommation énergétique par irrigation autonome

Dans une approche de développement durable et de réduction des coûts d'exploitation, la maîtrise d'oeuvre a proposé de *recupérer l'eau de pluie dans un réservoir* afin d'irriguer le mur végétalisé. On se propose à présent de valider cette solution.

Pour cela, le bureau d'étude a conçu une démarche de vérification pouvant être décrite par l'algorigramme qui suit. Cet algorigramme permet, pour une durée d'un mois, de :

- Calculer la quantité d'eau de pluie minimale récupérable par la toiture de la gare ;
- Calculer la quantité d'eau qui ne sera pas absorbée par les plantes de la toiture ;
- Vérifier si la quantité d'eau de pluie disponible est suffisante pour l'irrigation autonome du mur (c'est-à-dire sans apport complémentaire d'eau).

Question 2.1 Compléter **littéralement** l'algorithme de validation d'une irrigation autonome en utilisant tout ou partie des paramètres donnés ci-dessous.

Données climatiques pour la ville de Lausanne & paramètres d'irrigation

Données climatiques	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température de l'air, valeur moyenne, en °C	2,3	3,3	6,8	9,5	14,5	17,5	20,1	20,1	15,7	11,6	6,2	3,6	10,9
Température de l'air extremums, en °C	-8,5							31,7					
Précipitations, somme, en litre par m ²	81	71	71	91	112	122	97	101	127	117	104	82	1176

Source : SIA

Paramètres d'irrigation	Symbole	Valeur numérique
Superficie du toit (m ²)	S_{toit}	365
Superficie du mur Est (m ²)	S_{mur}	89
Consommation en eau du mur (litre par m ² par an)	$Conso_{mur}$	120 (moyenne)
Capacité d'absorption du toit (litre par m ²)	$Capa_{toit}$	17

Question 2.2 Exprimer littéralement la « CONDITION D'IRRIGATION AUTONOME » sur l'algorithme.

Question 2.3 Réaliser l'application numérique relative à la question précédente. Conclure quant à la possibilité d'une irrigation autonome du mur.

