

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

Énergies et Environnement

Méthaniseur Agricole



Constitution du sujet :

- **Dossier sujet et questionnaire** Pages 22 à 25
- **Dossier technique**..... Pages 26 à 31
- **Documents réponses (à rendre avec la copie)**..... Pages 32 à 34

Mise en situation

Le méthaniseur agricole est un système qui s'inscrit directement comme un acteur de la transition énergétique. En effet, transformer une partie des résidus agricoles en méthane (gaz injectable sur le réseau de distribution) permet de préserver les ressources en énergie.

Toutefois, le processus permettant cette transformation est énergivore. Pour fonctionner en toute sécurité, un méthaniseur agricole doit être raccordé au réseau électrique, ainsi qu'à une alimentation secourue, pour alimenter l'ensemble du processus de fabrication : les moteurs, les pompes, le système de chauffage avec le régulateur de température, les systèmes de surveillance et de sécurité entre autres.

L'étude qui suit va nous permettre:

- ✓ d'étudier l'amélioration de l'efficacité énergétique d'un méthaniseur (Partie A) ;
- ✓ d'étudier les solutions d'alimentation électrique de sécurité (Partie B) ;
- ✓ d'étudier le fonctionnement de la régulation de température dans le digesteur (Partie C).

Travail demandé

Partie A – Comment améliorer l'efficacité énergétique du méthaniseur ?

L'énergie électrique est nécessaire à l'alimentation des équipements du méthaniseur agricole. Nous allons étudier la possibilité d'améliorer l'efficacité énergétique de ce système.

Les quatre bâtiments sont équipés d'une toiture ; elles ont respectivement les surfaces suivantes ($S_{toiture}$) : 70 m², 215 m², 275 m² et 585 m². Pour des questions d'exposition au soleil (ombrage), d'orientation au sud et d'inclinaison optimale à 35°, seule 90 % de cette surface totale peut être équipée de panneaux solaires photovoltaïques.

Question A.1

DTS1

DRS1

Déterminer la surface photovoltaïque utile (S_{utile}) que l'on peut exploiter sur l'ensemble des quatre bâtiments équipés d'une toiture.

Calculer le nombre maximum de panneaux (N_{ppv}) que l'on peut installer sur l'ensemble des bâtiments.

Question A.2

DTS1

Identifier la référence du module (panneau) photovoltaïque produisant la plus grande puissance électrique (puissance nominale).

Calculer la puissance nominale maximale (P_{max}) de la centrale installée en toiture des quatre bâtiments dans ces conditions, si ces quatre bâtiments sont équipés de panneaux solaires.

La consommation annuelle d'énergie électrique du méthaniseur est estimée à 1 400 MWh. Le constructeur fait le choix d'installer une centrale photovoltaïque d'une puissance nominale 200 kWc (kilowatt-crête). Le contrat signé avec le fournisseur d'électricité permettra dans ce cas une autoconsommation et de vendre le surplus d'électricité éventuellement produite.

Question A.3

DTS2

Calculer la production annuelle d'électricité (E_{an}) de la centrale photovoltaïque, puis comparer son résultat avec la simulation de production annuelle.

Déduire la consommation d'énergie électrique du méthaniseur qui sera facturée par le fournisseur d'électricité, puis exprimer le pourcentage d'économie réalisée sur la facture d'énergie grâce aux panneaux solaires.

Question A.4

Expliquer en quoi l'installation d'une toiture photovoltaïque sur les toitures des bâtiments permet d'améliorer l'efficacité énergétique du méthaniseur agricole.

Partie B – Comment assurer l'alimentation de sécurité ?

Lorsque l'alimentation générale électrique est coupée, soit accidentellement, soit pour maintenance par le fournisseur d'énergie, la production de gaz par le méthaniseur ne peut pas s'interrompre instantanément. Il est nécessaire, dans ces conditions, de mettre en place une alimentation de secours pour assurer le fonctionnement de l'installation du site de production.

Chaque unité du processus du méthaniseur agricole est équipée d'une alimentation de secours adaptée permettant une alimentation pendant 36 h.

Nous allons étudier l'alimentation électrique de secours du poste d'injection du gaz sur le réseau.

Question B.1

DTS3

Citer les équipements alimentés par le réseau secours.

Calculer la puissance (P_{sec}) nécessaire au fonctionnement du poste d'injection en mode secours.

L'énergie électrique nécessaire au fonctionnement en mode secours est produite à partir de l'énergie solaire. Un groupe de batteries, rechargé par les panneaux solaires, un onduleur 230 V AC, fournissent l'énergie nécessaire en mode secours. Ce groupe de batteries fournit une tension de (U_{bat}) de 24 V DC.

Question B.2

DTS3

Calculer le courant (I_{bat}) que doit délivrer le groupe batteries en supposant que le rendement de l'onduleur est de 1.

Déterminer la capacité (Ah) de l'ensemble du groupe de batteries.

On prendra par la suite une capacité de l'ensemble groupe batterie de 1 725 Ah.

Les panneaux photovoltaïques alimentant les batteries sont identiques à ceux de la centrale solaire, la tension de sortie d'un panneau est de 24 V DC.

Question B.3

DTS4

DRS2

Déterminer les caractéristiques et le nombre de batteries nécessaires à l'alimentation secourue du poste d'injection. On privilégiera un nombre minimal de batteries pour des raisons de maintenance.

Réaliser le câblage de principe des batteries.

Question B.4

DTS5

DRS2

Déterminer la référence de l'onduleur permettant l'alimentation du poste d'injection en mode secouru. **Justifier** la réponse.

Réaliser le câblage de principe de l'ensemble du système d'alimentation secourue.

D'une façon générale, l'ensemble du processus de méthanisation nécessite une alimentation secourue pour assurer la sécurité des biens et des personnes.

Question B.5

Conclure sur la nécessité d'un mode secouru dans le fonctionnement du méthaniseur agricole.

Partie C – Comment contrôler la température dans le digesteur ?

Le digesteur est la partie du processus qui permet la décomposition des matières agricoles. Cette décomposition naturelle n'est possible qu'en atteignant une température comprise entre 35 °C et 45 °C. La chaudière à gaz permet de générer de la chaleur dans le digesteur. Elle est pilotée par un régulateur en mode TOR (Tout Ou Rien). Le régulateur permet de maintenir la température dans le digesteur entre 35°C et 45°C pour une valeur de consigne de 40 °C.

La sonde Pt100 mesure la température dans le digesteur. Le transmetteur convertit cette mesure en une tension (U_{sonde}) image de la température.

Nous allons étudier le fonctionnement du transmetteur Sonde-Régulateur.

Question C.1 | **Justifier** que la sonde choisie permette d'assurer la mesure de la température dans le digesteur.
DTS6

Question C.2 | **Tracer puis relever** les valeurs en sortie de la sonde Pt100 pour les températures suivantes de 35 °C, 40 °C et 45 °C
DRS3
Vérifier par le calcul la valeur de la résistance à la température de consigne de 40 °C.

Pour la suite, nous considérons une résistance de 200 Ω à $T = 40$ °C.

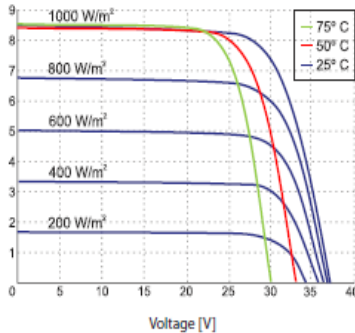
Question C.3 | **Calculer** la valeur du courant (I_{sonde}) pour la consigne de température de 40 °C.
DTS6

DRS3 | **Déduire** la valeur de la tension (U_{sonde}) pour cette consigne de température.

Question C.4 | **Conclure** sur la nécessité de contrôler la température dans le digesteur pour assurer le fonctionnement du processus de méthanisation.

DTS1 – Caractéristiques des panneaux solaires

Courbe I-V sous diverses irradiances et diverses températures de la cellule



Tension de sortie 24 V DC

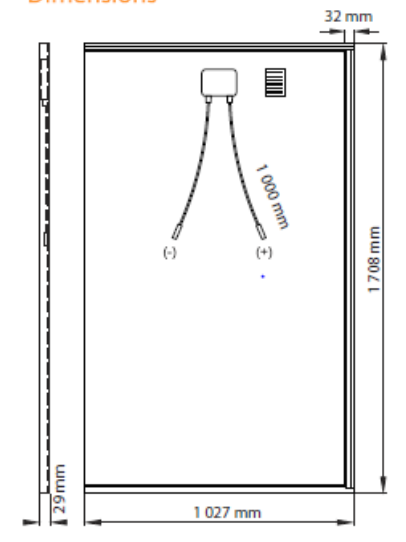
Caractéristiques électriques sous les conditions STC (AM 1,5, 1 000 W/m², 25°C):

Référence module	BSO	315	320	325	330	335
Puissance nominale	P_{MPP} [W]	315	320	325	330	335
Courant de court-circuit	I_{CC} [A]	9,80	9,80	9,90	9,95	10,05
Tension en circuit ouvert	U_{CO} [V]	42,5	42,6	42,7	42,9	43,0
Courant au point de puissance maximale	I_{MPP} [A]	9,05	9,15	9,25	9,35	9,45
Tension au point de puissance maximale	U_{MPP} [V]	34,8	35,0	35,1	35,3	35,4
Rendement cellule	η_C [%]	21,5	21,2	21,5	21,8	22,2
Rendement module	η_M [%]	18,9	19,2	19,5	19,8	20,5
Tolérance de puissance en sortie		±3 %				
Courant inverse maximum		18 A				
Voltage maximum du réseau		1.000 V (Anwendungsklasse A)				

Caractéristiques mécaniques:

Longueur x largeur x épaisseur	1 708 mm x 1 027 mm x 29 mm
Poids	18,8 kg
Cellules solaires	60 cellules monocristallines en série / 158,75 mm x 158,75 mm
Boîte de jonction / Connecteurs	Trois diodes by-pass / Compatible MC4 / IP 68
Cadre	Solrif®
Verre	Verre 3,2 mm avec traitement anti-reflet / trempé / grande transparence / faible teneur en fer
Conditionnement	24 modules par palette / gerbable 2 fois
Charge nominale certifiée (neige / vent)	2 400 Pa / 2 400 Pa
Résistance à l'impact	Grélon / Ø 25 mm / 83 km/h

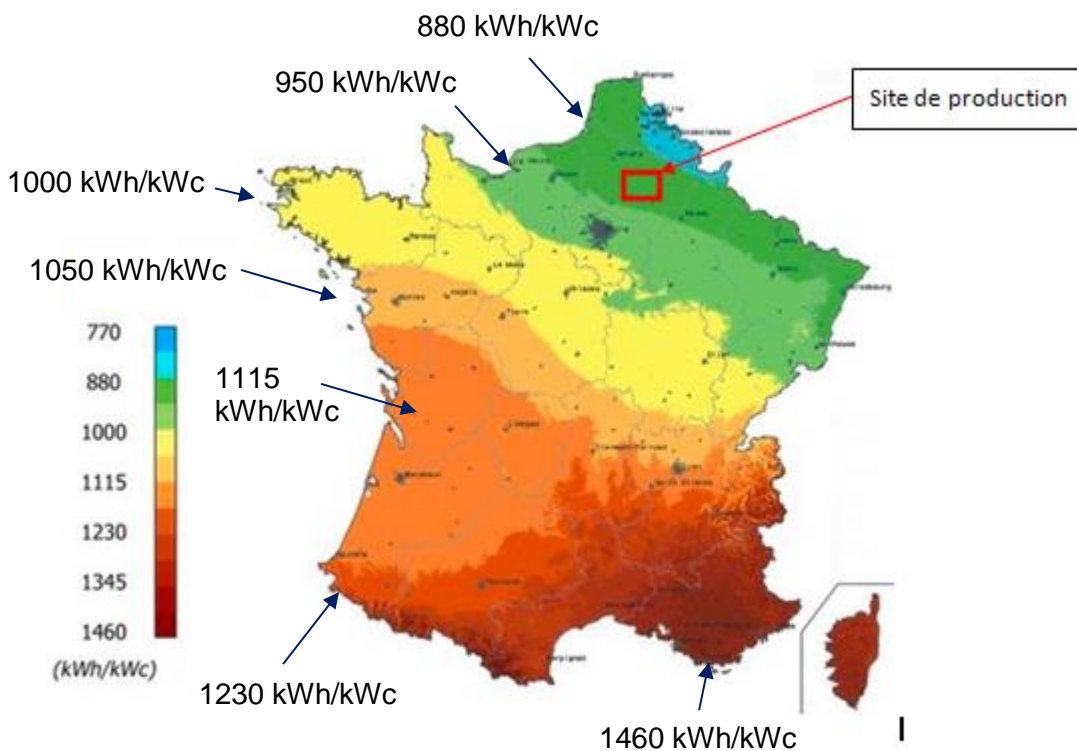
Dimensions



Surface panneau: S_p

DTS2 – Carte de production annuelle photovoltaïque en France

Panneaux orientation sud avec un angle de 35°



$W_c = W_{nominal}$

La valeur donnée en kWh est la production d'énergie annuelle par kWc installé en panneau solaire.

Simulation de production d'énergie solaire pour une centrale de 200 kWc

Choix de la ville : Prendre en compte un masque :
Inclinaison du plan : Orientation du plan : Albédo du sol :
Puissance crête de l'installation PV : kW

Calcul de la production électrique, moyenne par jour ou cumulée [COMPARAISONS](#)

-	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
<u>IGP (kWh/m²)</u>	34	61	91	129	150	147	161	140	106	76	45	26	1166
<u>Prod. (kWh)</u>	5058	9082	13577	19312	22534	22107	24096	21017	15900	11433	6818	3942	174875

DTS3 – Liste des consommateurs électriques du poste d'injection

Légende :

Consommateurs alimentés en mode secours

Description des consommations	24V	230V	Puissance consommée nominale [W]
	DC	AC	
Chauffage de la station		x	2000
Eclairage		x	200
Ventilation de la salle de contrôle		x	75
PLC	x		15
Touch-Panel (HMI)	x		35
Panel-PC	x		180
Analyseur EnCal3000 (1)	x		18
Analyseur EnCal3000 (2)	x		18
Gas-net3000	x		6
Analyseur d'humidité	x		5
Pompe injection THT		x	250
EK220 (injection)	x		25
EK220 (recyclage)	x		25
Vanne de la ligne d'entrée		x	180
Vanne de la ligne de recirculation		x	180
Vanne de la ligne d'injection		x	180
Modem (fourni par producteur)	x		7
Station incendie (Drager)		x	180
Bandeau prise électrique		x	3680

puissance consommée [W] (max.):	7259
puissance consommée [W] (moyenne):	1191
courant maximum aux arrivées électriques [Amps]:	31,58
design des fusibles aux alimentations en 230V AC [Amps]:	32

DTS4 – Caractéristiques des batteries de l'alimentation secourue



Gel et AGM Batteries

www.victronenergy.com



12 Volt Deep Cycle AGM						
Référence	Ah	V	L x h x p Mm	Poids kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F
BAT406225084	240	6	320 x 176 x 247	31	700	270
BAT212070084	8	12	151 x 65 x 101	2,5		
BAT212120086	14	12	151 x 98 x 101	4,4		
BAT212200084	22	12	181 x 77 x 167	5,8		
BAT412350084	38	12	197 x 165 x 170	12,5		
BAT412550084	60	12	229 x 138 x 227	20	280	80
BAT412600084	66	12	258 x 166 x 235	24	300	90
BAT412800084	90	12	350 x 167 x 183	27	400	130
BAT412101084	110	12	330 x 171 x 220	32	500	170
BAT412121084	130	12	410 x 176 x 227	38	550	200
BAT412151084	165	12	485 x 172 x 240	47	600	220
BAT412201084	220	12	522 x 238 x 240	65	650	250
BAT412124081	240	12	522 x 240 x 224	67	650	250

DTS5 – Caractéristiques de l'onduleur de l'alimentation secourue



Expert depuis 1985 dans la conversion d'énergie électrique, TECSUP propose une gamme complète d'onduleurs pur sinus pour transformer l'énergie d'une batterie (tension continue de 12 ou 24 VDC) en énergie identique à celle du secteur (230 VAC).

Protégés, silencieux et de haute fiabilité, les onduleurs proposés par TECSUP sont prévus pour fonctionner dans des environnements sensibles aux perturbations électromagnétiques. **Rendement élevé et constant**, de 90 à 94% en fonction des références.

- Pur Sinus (< 3% DHT)
- Importants pics de puissance acceptés au démarrage.
- Protection complète de l'onduleur : tension basse alimentation, alarme batteries basse, surcharge consommateurs, surchauffe, court-circuit, surtension alimentation.
- Niveau de stand-by réglable sur une grande plage et depuis un seuil très bas.
- Alimentation de tout type d'appareil électrique sans restriction.
- Ventilateur de refroidissement asservi à la charge de sortie.



	Puissance nominale	600 W	1000 W	1500 W	2000 W	3000 W
	Puissance Max. en pointe	800 W	2000 W	3000 W	4000 W	6000 W
	Dimensions (mm)	295 x 180 x 72	383 x 182 x 88	415 x 191 x 88	422 x 208 x 166	452 x 208 x 166
	Poids	2.7 Kg	4 Kg	4.8 Kg	9 Kg	9.8 Kg
	Détection de charge réglable	Non	20 à 110 W	20 à 110 W	40 à 220 W	40 à 220 W
	Température de fonctionnement	0°C à + 40°C				
	Sécurité / EMC	EN60950-1 ; UL458 ; FCC Classe A ; EN55022 classe A ; EN61000-3-2, 3 Marquage e 13 * 72/245/EEC, 95/54/EC				
Onduleurs 12 VDC / 230 VAC	Rendement	90%	91%	90%	91%	90%
	Consommation à vide	0.83 A	1.20 A	1.40 A	2.64 A	2.80 A
	Consommation "stand by"	--	0.25 A	0.28 A	0.60 A	0.50 A
	Référence	CPS 600 12	CPS 1000 12	CPS 1500 12	CPS 2000 12	CPS 3000 12
Onduleurs 24 VDC / 230 VAC	Rendement	93%	93%	93%	94%	93%
	Consommation à vide	0.43 A	0.60 A	0.70 A	1.32 A	1.50 A
	Consommation "stand by"	--	0.15 A	0.15 A	0.25 A	0.35 A
	Référence	CPS 600 24	CPS 1000 24	CPS 1500 24	CPS 2000 24	CPS 3000 24

DTS6 – Caractéristiques de la sonde de température

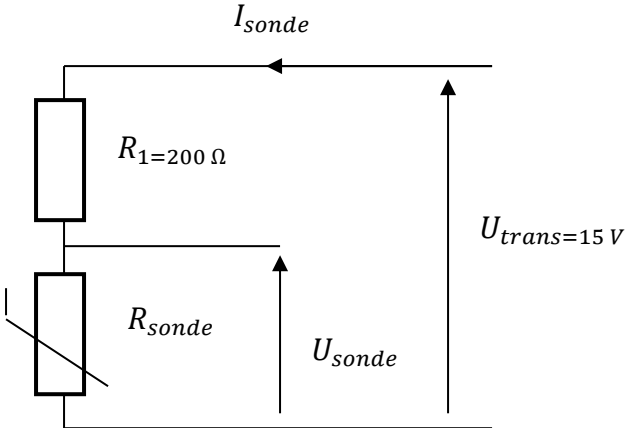


Plaque signalétique

- Conception du capteur
- Elément de mesure (1x Pt1000)
 - Méthode de raccordement (raccordement à 2 fils)
 - Tolérance de l'élément de mesure (classe B)

	WIKAI	TF41		Type
Etendue de mesure admissible	1xPt1000/2-L/B		P/N 12345678	Numéro d'article
	-40 ... +100 °C		S/N 1234567	Numéro de la commande de production
Indice de protection du boîtier	IP 65			

Sonde PT100 2fils

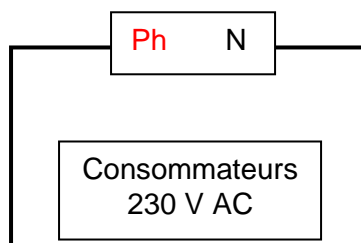
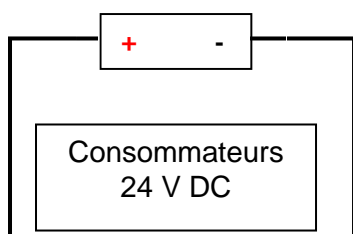
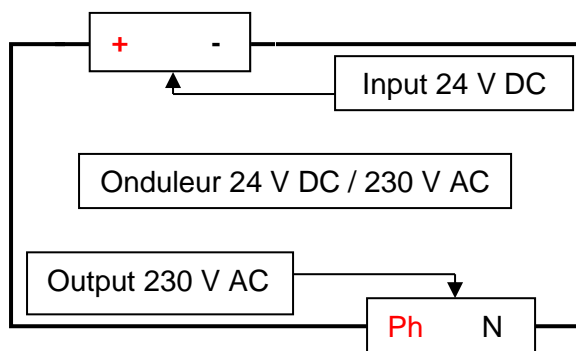
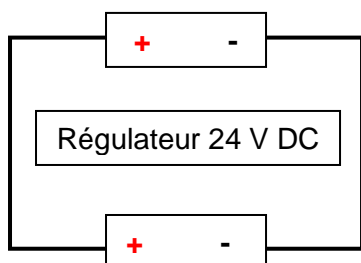
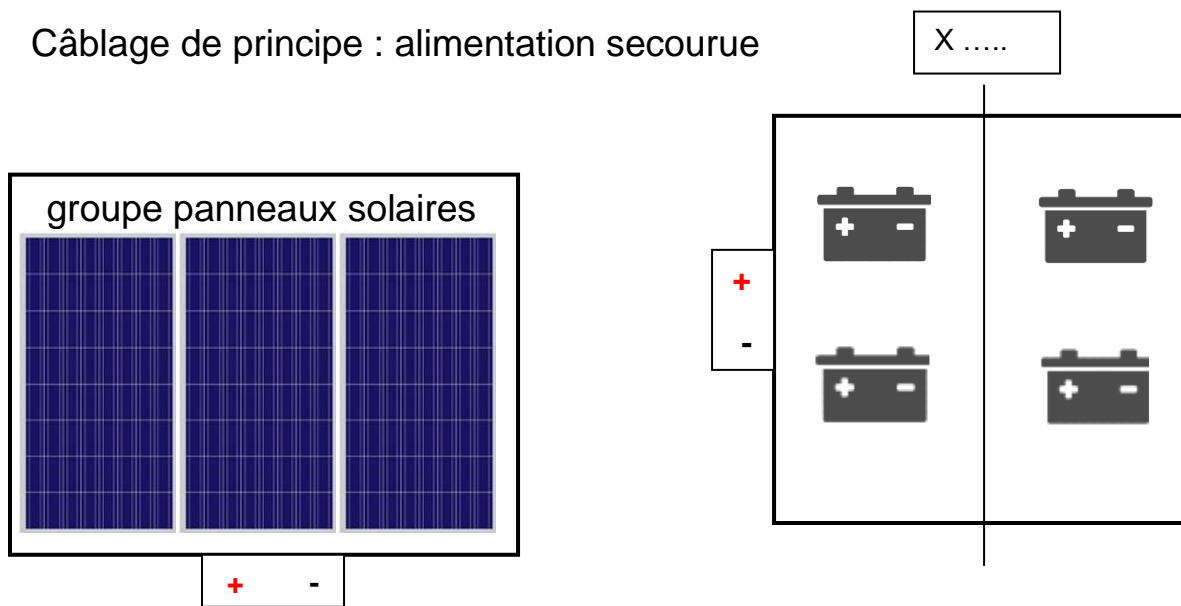


DOCUMENT RÉPONSES – DRS1

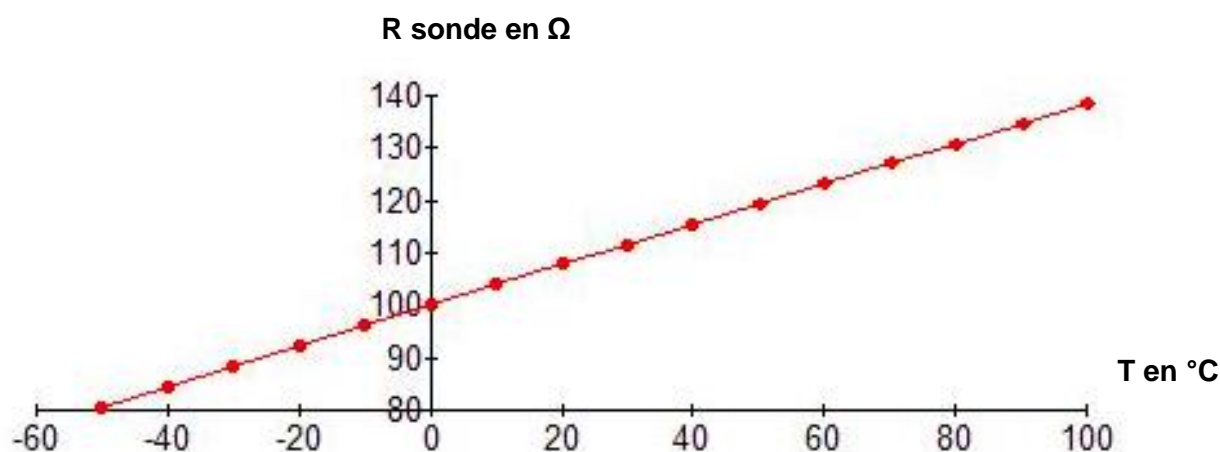
Bâtiments	$S_{toiture\ en\ m^2}$	$S_{utile\ en\ m^2}$	$S_{panneau\ en\ m^2}$	N_{bpu}
Bâtiment 1				
Bâtiment 2				
Bâtiment 3				
Bâtiment 4				
Total				

DOCUMENT RÉPONSES – DRS2

Câblage de principe : alimentation secourue



Courbe sonde Pt100



Formule Pt100

Pour relever la température dans un four on utilise une sonde PT100. La loi de variation de la résistance en fonction de la température est donnée par :

$$R_{\theta} = R_0 (1 + \alpha \times \theta)$$

avec R_{θ} résistance à la température mesurée θ , R_0 résistance à 0 °C (100 Ω),
 α coefficient = $3,85 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ et θ température mesurée

	Température de mesure		
	t = 35°C	t = 40°C	t = 45°C
Valeurs relevées sur le tracé en Ω			
Valeurs par le calcul Ω			
U_{sonde} en V			

