Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BAC STI2D • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Bac STI2D

Sciences et technologies de l’industrie et du développement durable - Ingénierie, innovation et développement durable - Systèmes d'Information et Numérique

Session 2022 • Code sujet : **22-2D2IDSINNC1** • Durée : **4 heures**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Le méthaniseur comme alternative de développement durable** (5 questions) — **Page 3**
2. **Choix du processus de méthanisation et de la valorisation du biogaz** (4 questions) — **Page 5**
3. **Production optimale de biométhane et maîtrise de l’impact environnemental** (8 questions) — **Page 8**
4. **Valorisation du digestat et réduction de son impact environnemental** (3 questions) — **Page 11**
5. **Intégration du méthaniseur dans son environnement de proximité** (1 question) — **Page 13**
6. **Validation de la surveillance du site par un opérateur distant** (4 questions) — **Page 14**
7. **Validation de la possibilité d’alerter l’opérateur** (3 questions) — **Page 17**
8. **Validation de la communication entre GRDF et le méthaniseur** (6 questions) — **Page 19**
9. **Synthèse sur la gestion à distance du méthaniseur** (1 question) — **Page 21**
10. **Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 22**

Sujet officiel (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2022/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2022 - 16-Sujet.pdf

1. Le méthaniseur comme alternative de développement durable

La partie compare la contribution du biogaz à celle des autres énergies renouvelables et examine les objectifs de production de biométhane en France. Elle évalue également le potentiel des projets déclarés et les émissions de CO2 évitées.

Question 1.1. À partir du DT1, comparer pour 2018 la part d'énergie renouvelable provenant du solaire photovoltaïque et celle provenant du biogaz, puis conclure si le biogaz est une alternative à prendre au sérieux pour les années à venir.

Le DT1 montre qu'en 2018, le solaire photovoltaïque représente environ 1 % des énergies renouvelables, contre environ 2 % pour le biogaz. La part du biogaz est donc approximativement deux fois plus importante. Bien que ces contributions restent modestes, le biogaz constitue une alternative à prendre au sérieux, notamment grâce à son potentiel de développement et à sa production d'énergie renouvelable.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> Solaire photovoltaïque : environ 1 % ; biogaz : environ 2 %. Le biogaz est une alternative à prendre au sérieux.

Question 1.2. À partir du DT2, lister les quatre variantes de valorisation finale du biogaz.

Le DT2 présente quatre usages finaux du biogaz ou du biométhane. La cogénération fournit deux formes d'énergie distinctes, tandis que le biométhane épuré peut être utilisé dans le réseau ou comme carburant.

- Production d'électricité.
- Production de chaleur.
- Injection du biométhane dans le réseau.
- Carburant pour véhicules GNV.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> Électricité, chaleur, injection dans le réseau et carburant GNV.

Question 1.3. À partir du DT3, relever les nouveaux attendus minimums, en pourcentage et en TWh par an, à l'horizon 2030.

Le DT3 donne les deux expressions du nouvel objectif à l'horizon 2030 : une part minimale de gaz renouvelable et la quantité annuelle correspondante. Les valeurs relevées sont :

Indicateur	Objectif minimal en 2030
Part de gaz renouvelable	7 %
Production annuelle	21 TWh/an

✓ RÉPONSE À RETENIR

Objectif minimal en 2030 : 7 %, soit 21 TWh/an.

Question 1.4. À partir du DT4, relever la capacité totale de production annuelle possible de tous les projets déclarés, puis conclure si leur réalisation à 100 % d'ici 2030 permettrait d'atteindre le nouvel objectif fixé.

Le DT4 indique une capacité de production totale d'environ 26 TWh/an pour les projets déclarés. Il s'agit du potentiel cumulé des projets, et non de la production déjà disponible. En comparant cette capacité au nouvel objectif minimal de 21 TWh/an, on constate que la réalisation de tous les projets permettrait de dépasser l'objectif fixé à l'horizon 2030.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Capacité des projets déclarés : environ 26 TWh/an. Leur réalisation intégrale permettrait d'atteindre et de dépasser l'objectif de 21 TWh/an.

Question 1.5. Calculer le nombre de tonnes de CO2 évitées chaque année en France, en considérant une production de gaz équivalente à 21 × 10⁹ kWh à l'horizon 2030 et une économie de 188 g de CO2 par kWh.

L'économie annuelle d'émissions vaut la production de gaz multipliée par l'économie de CO_2 par kWh :
$21 \times 10^9 \times 188 = 3{,}948 \times 10^{12}$ g.
Comme 1 tonne vaut 10^6 g, la masse évitée est $3{,}948 \times 10^{12} / 10^6 = 3\,948\,000$ tonnes par an.

✓ RÉPONSE À RETENIR

3 948 000 tonnes de CO_2 évitées par an, soit environ 3,95 millions de tonnes.

2. Choix du processus de méthanisation et de la valorisation du biogaz

Cette partie étudie les constituants du méthaniseur agricole, les flux de matière et d'énergie ainsi que les paramètres biologiques de la méthanisation. Elle demande de justifier le choix d'un processus mésophile et de l'injection du biométhane dans le réseau plutôt que la cogénération.

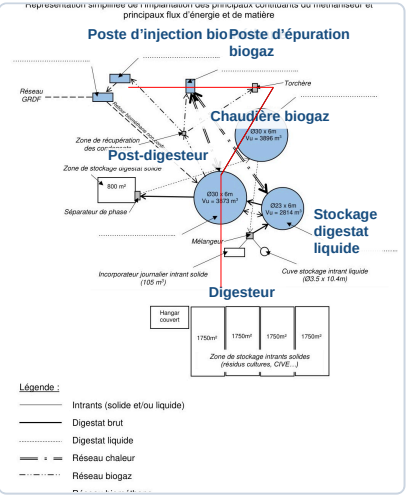
Question 2.1. Compléter le document DR1 en nommant les principaux constituants du méthaniseur à l'aide des termes fournis, puis tracer en rouge le flux du biogaz depuis sa fabrication dans le digesteur jusqu'au poste d'épuration, d'où ressort le biométhane.

Identifier les six constituants indiqués : digesteur, post-digesteur, stockage du digestat liquide, chaudière biogaz, poste d'épuration biogaz et poste d'injection biométhane. Le biogaz produit dans le digesteur est acheminé vers l'épuration ; le biométhane obtenu est ensuite dirigé vers l'injection sur le réseau.

Cuve ou équipement	Dénomination
Cuve de méthanisation	Digesteur
Seconde cuve de méthanisation	Post-digesteur
Cuve de stockage	Stockage digestat liquide
Équipement de chauffage	Chaudière biogaz
Traitement du biogaz	Poste d'épuration biogaz
Raccordement au réseau	Poste d'injection biométhane

Le flux rouge sur le document relie le digesteur au poste d'épuration, puis l'épuration au poste d'injection.

DR1 complété : constituants et flux



✓ RÉPONSE À RETENIR

Digesteur et post-digesteur ; chaudière biogaz ; stockage digestat liquide ; épuration du biogaz puis injection du biométhane.

Question 2.2. À partir du DT6, justifier le choix d'une décomposition mésophile en se limitant au point de vue énergétique.

La décomposition mésophile nécessite environ 20 % de chaleur autoconsommée, contre environ 35 % pour la décomposition thermophile. Elle demande donc moins d'énergie pour chauffer les cuves. En outre, sa biologie est plus stable et plus facile à maîtriser. Le choix mésophile est ainsi préférable du point de vue énergétique, même si la thermophile offre un temps de séjour plus court.

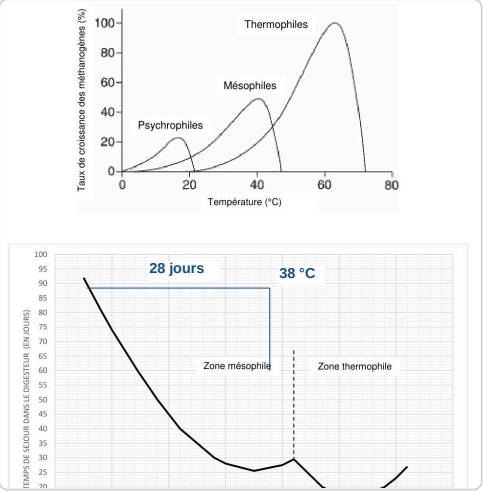
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le choix mésophile limite la chaleur autoconsommée à environ 20 %, contre environ 35 % en thermophile.

Question 2.3. Sur le document DR2, tracer la température optimale permettant le meilleur taux de croissance des méthanogènes en décomposition mésophile et le temps de séjour correspondant dans le digesteur, puis conclure sur les valeurs retenues pour l'installation.

1. Sur DR2, lire la température correspondant au maximum de croissance des méthanogènes mésophiles : environ 38 °C.
2. À cette température, lire le temps de séjour correspondant : environ 28 jours.

Le DT8 fixe une température de fonctionnement de 38 à 42 °C et un séjour de 28 jours dans le digesteur. Le temps retenu correspond à la lecture du graphique ; la température de 38 °C se situe à la limite basse de la plage de fonctionnement prévue.

DR2 : optimum mésophile et temps de séjour



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Optimum mésophile : environ 38 °C ; séjour dans le digesteur : environ 28 jours. Le séjour est conforme au DT8.

Question 2.4. À partir du DT7, expliquer le choix de l'injection de biométhane sur le réseau en valorisation finale plutôt que la cogénération.

Valorisation du biogaz	Rendement brut global
Injection de biométhane	98 %
Cogénération	82 %

Selon le DT7, l'injection permet de valoriser une plus grande part de l'énergie du biogaz. Le biométhane est ensuite distribué par le réseau. Son rendement global est supérieur de 16 points à celui de la cogénération ; ce choix maximise donc l'énergie valorisée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'injection est retenue : rendement brut global de 98 %, contre 82 % pour la cogénération.

3. Production optimale de biométhane et maîtrise de l'impact environnemental

Cette partie examine l'adéquation entre les intrants disponibles, les capacités de stockage et le fonctionnement du méthaniseur. Elle évalue aussi les débits de biogaz et de biométhane, les consommations énergétiques et le rendement global de l'installation.

Question 3.1. À partir des DT9 et DT10, identifier le type d'agriculture prépondérant en Picardie, puis expliquer pourquoi les intrants proposés dans cette région la rendent propice à la méthanisation.

La carte du DT9 montre que les **céréales** dominent en Picardie. Cette agriculture fournit des résidus de culture et des CIVE en quantité. Le DT10 montre que plusieurs résidus de culture ont un potentiel méthanogène élevé : la région dispose donc d'intrants adaptés et abondants pour produire du biogaz.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Agriculture céréalière prédominante, avec des résidus de culture et des CIVE favorables à la méthanisation.

Question 3.2. À partir des DT8 et DT11, calculer le tonnage journalier d'intrants solides à stocker dans l'incorporateur, en déduire le volume journalier nécessaire à partir de la masse volumique fournie, puis conclure si l'incorporateur retenu répond au besoin.

Les intrants solides représentent 26 400 - 1 000 = 25 400 t/an. La quantité journalière vaut 25 400 / 365, soit environ 69,6 t/j. Avec une masse volumique de 700 kg/m³, le volume requis est 69 589 / 700, soit environ 99,4 m³/j. L'incorporateur de 105 m³ répond au besoin.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Besoin : 69,6 t/j, soit 99,4 m³/j. L'incorporateur de 105 m³ est suffisant.

Question 3.3. À partir du DT12, justifier que la solution d'épuration permet de filtrer en continu le débit de biogaz prévu, puis déduire le débit injectable de biométhane en sortie d'épuration compte tenu du pourcentage de méthane dans le biogaz.

Les membranes traitent jusqu'à 604 Nm³/h, soit une capacité supérieure aux 500 Nm³/h de biogaz prévus : l'épuration peut donc fonctionner en continu. Le biogaz contenant 60 % de méthane, le débit théorique de biométhane en sortie vaut 500 × 0,60 = 300 Nm³/h.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Capacité suffisante : 604 Nm³/h pour 500 Nm³/h requis. Débit théorique de biométhane : 300 Nm³/h.

Question 3.4. À partir du DT12, calculer le débit réellement injecté sur le réseau après épuration en tenant compte des différentes pertes annoncées.

Le DT12 indique que 90 % du volume produit est valorisé par injection. En appliquant cette proportion au débit théorique de biométhane de 300 Nm³/h, on obtient 300 × 0,90 = 270 Nm³/h injectés. Les autres parts sont valorisées en interne, détruites en torchère ou perdues dans l'off-gaz.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit réellement injecté : 270 Nm³/h.

Question 3.5. À partir du temps de fonctionnement effectif indiqué dans le DT8 et du débit de biométhane fourni, calculer le volume annuel produit, puis en déduire l'énergie annuelle produite par le méthaniseur en GWh.

Avec 8 200 h de fonctionnement annuel et un débit retenu de 250 Nm³/h, le volume produit est 250 × 8 200 = 2 050 000 Nm³. À 10 kWh par Nm³, l'énergie annuelle vaut 20 500 000 kWh, soit 20,5 GWh.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Volume annuel : 2 050 000 Nm³. Énergie annuelle : 20,5 GWh.

Question 3.6. À partir du DT12, relever le pourcentage d'autoconsommation pour le chauffage dans ce cas et expliquer comment l'installation peut atteindre cette valeur.

Le DT12 indique que moins de 5 % du biométhane produit est valorisé en interne, notamment pour le chauffage par chaudière. Cette faible part est rendue possible par la récupération de chaleur sur les compresseurs, via un échangeur huile-eau. La chaudière fournit seulement le complément nécessaire au chauffage des digesteurs.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Moins de 5 % est valorisé en interne. La récupération de chaleur des compresseurs limite l'appoint de la chaudière.

Question 3.7. À partir du DT8 et du temps effectif de fonctionnement de l'installation, déterminer les énergies annuelles consommées par la partie process et par la partie épuration et injection.

Pour 8 200 h de fonctionnement, l'énergie consommée vaut puissance × durée. Le process consomme 75 × 8 200 = 615 000 kWh/an. L'épuration et l'injection consomment 95 × 8 200 = 779 000 kWh/an.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Process : 615 000 kWh/an. Épuration et injection : 779 000 kWh/an.

Question 3.8. **À partir du DT13 et de la formule fournie, déterminer le rendement énergétique global de l'installation, puis conclure sur sa viabilité économique au regard du seuil indiqué.**

L'énergie finale injectée indiquée au DT13 est 20,500 GWh. La consommation électrique calculée est 615 000 + 779 000 = 1 394 000 kWh, soit 1,394 GWh. Ainsi, $\eta_{global} = 20,5/(20,5+1,394) \times 100 \approx 93,6\%$. Ce résultat dépasse le seuil de 90 %.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rendement global : 93,6 %. Le seuil de 90 % est dépassé.

4. Valorisation du digestat et réduction de son impact environnemental

Cette partie étudie la valorisation agricole du digestat et les mesures de réduction des émissions liées à son épandage. Elle vérifie le dimensionnement des stockages des digestats liquides et solides et leur capacité à répondre aux durées minimales attendues.

Question 4.1. À partir du DT14, expliquer en quoi le digestat est une bonne alternative pour l'environnement par rapport aux engrais chimiques utilisés actuellement.

Le digestat est un fertilisant naturel qui apporte aux cultures les mêmes éléments NPK (azote, phosphore et potassium) que les engrais chimiques, à moindre coût. Il est produit localement à partir des résidus agricoles : ceux-ci sont méthanisés, puis le digestat fertilise les cultures. Cette boucle valorise les matières disponibles sur l'exploitation, réduit le recours aux engrais chimiques et limite leur impact sur les sols. Le digestat constitue donc une solution favorable à l'environnement et à l'économie de l'exploitation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le digestat valorise les résidus agricoles en fertilisant naturel, réduit l'usage d'engrais chimiques et favorise une économie circulaire moins coûteuse et meilleure pour les sols.

Question 4.2. À partir du DT15, relever les deux préconisations les plus efficaces pour réduire la formation d'ammoniac et de protoxyde d'azote pendant l'épandage du digestat.

Les recommandations visent à limiter le contact du digestat avec l'air et à réduire le temps pendant lequel il reste en surface. Elles diminuent ainsi les pertes d'azote par volatilisation et les émissions associées à l'épandage.

- Épandre au ras du sol, par exemple avec une rampe à pendillards ou un enfouisseur, plutôt qu'en hauteur.
- Enfouir rapidement le digestat après son épandage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Épandage au ras du sol avec pendillards ou enfouisseur, puis enfouissement rapide du digestat.

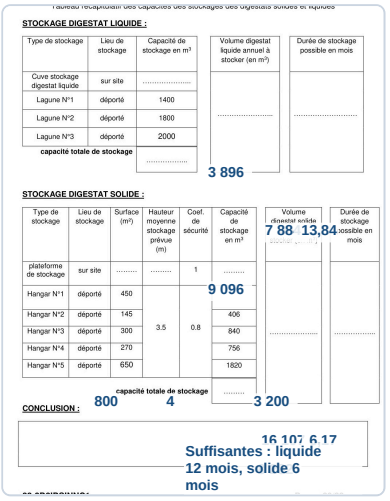
Question 4.3. Compléter le DR3 avec les quantités de digestats liquide et solide à stocker, les capacités totales estimées des stockages en tenant compte des coefficients de sécurité, ainsi que les durées de stockage possibles en mois. Conclure si les capacités suffisent pour assurer la durée minimale de stockage attendue.

Les volumes annuels à stocker sont ceux indiqués au DT11. Pour les solides, la plateforme de 800 m² est prévue sur 4 m de hauteur. Les capacités des hangars tiennent compte du coefficient de sécurité de 0,8. La durée de stockage se calcule ainsi : capacité totale ÷ volume annuel × 12 mois.

Stockage	Capacité totale	Volume annuel	Durée possible	Durée minimale
Digestat liquide	9 096 m³	7 884 m³	13,84 mois	12 mois
Digestat solide	8 282 m³	16 107 m³	6,17 mois	6 mois

Les deux capacités sont suffisantes : elles dépassent les durées minimales de stockage exigées.

DR3 complété : capacités et durées de stockage



STOCKAGE DIGESTAT LIQUIDE :

Type de stockage	Lieu de stockage	Capacité de stockage en m³
Cuve stockage digestat liquide	sur site	.....
Lagune N°1	déporté	1400
Lagune N°2	déporté	1800
Lagune N°3	déporté	2000
capacité totale de stockage		.....

Volume digestat liquide annuel à stocker (en m³) : .....

Durée de stockage possible en mois : .....

3 896

STOCKAGE DIGESTAT SOLIDE :

Type de stockage	Lieu de stockage	Surface (m²)	Hauteur moyenne stockage prévue (m)	Coef. de sécurité	Capacité de stockage en m³
plateforme de stockage	sur site	.....	.....	1	.....
Hangar N°1	déporté	450	3.5	0.8	9 096
Hangar N°2	déporté	145			406
Hangar N°3	déporté	300			840
Hangar N°4	déporté	270			756
Hangar N°5	déporté	650			1820
capacité totale de stockage					.....

Volume digestat solide : 7 88

Durée de stockage possible en mois : 13,84

3 200

800 4

CONCLUSION :

16 107 6,17

Suffisantes : liquide 12 mois, solide 6 mois

✓ RÉPONSE À RETENIR

Liquide : 9 096 m³, soit 13,84 mois. Solide : 8 282 m³, soit 6,17 mois. Les deux durées minimales sont respectées.

5. Intégration du méthaniseur dans son environnement de proximité

Cette partie porte sur les nuisances potentielles d'une unité de méthanisation pour les habitants voisins. Le candidat s'appuie sur un document consacré aux odeurs, au bruit, au trafic et à l'intégration paysagère.

Question 5.1. À partir du DT16, relever, pour chacune des nuisances olfactives, visuelles et auditives, un ou deux arguments permettant de réduire les risques pour la population de proximité.

Les mesures indiquées dans le DT16 limitent les trois nuisances demandées :

- **Odeurs :** la décomposition se déroule en cuve fermée, sans contact avec l'air. Les acides gras responsables des odeurs sont détruits et le digestat est pratiquement inodore.
- **Aspect visuel :** choisir des teintes adaptées, enfouir partiellement les cuves et planter des haies. Un architecte peut également favoriser l'intégration paysagère.
- **Bruit :** en cas de cogénération, placer le moteur dans un caisson insonorisé. Les engins respectent les limites réglementaires et sont utilisés en semaine de 8 h à 18 h.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Odeurs réduites par le procédé fermé, site intégré au paysage et bruit limité par l'insonorisation, le respect des normes et des horaires.

6. Validation de la surveillance du site par un opérateur distant

La partie spécifique étudie la surveillance à distance du méthaniseur par un opérateur au moyen d'une gestion technique des bâtiments. Elle porte sur le choix d'un capteur de température, la chaîne d'information et l'observation de grandeurs physiques sur un écran de contrôle.

Question A.1. À l'aide du DTS1, choisir un capteur permettant d'acquérir la température dans le digesteur et justifier le choix au regard de la précision requise.

Le digesteur fonctionne autour de 38 à 42 °C, température comprise dans le domaine de mesure des trois capteurs. Le critère déterminant est donc la précision : le PT-100 mesure à 0,1 °C, conformément à l'exigence. Le DS1621 et le DHT11, précis seulement à ± 2 °C, ne permettent pas un contrôle suffisamment fin. Le PT-100 est le seul choix adapté parmi ceux du DTS1.

Comparaison des précisions des capteurs

Capteur	Précision
DS1621	± 2 °C
DHT11	± 2 °C
PT-100	0,1 °C

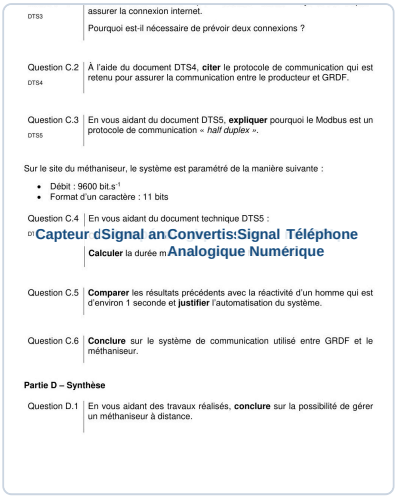
Précision exigée : 0,1 °C.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Capteur retenu : PT-100, avec une précision de 0,1 °C, conforme à la précision exigée pour le contrôle du digesteur.

Question A.2. Compléter les cadres vides de la chaîne d'information du DRS1 avec les termes suivants : « Capteur de température », « Convertisseur Analogique Numérique », « Signal analogique », « Signal numérique », « Téléphone » et « ADSL ».

La chaîne d'information commence par l'acquisition de la température dans le digesteur. Le capteur fournit un signal analogique, converti ensuite en signal numérique par le convertisseur analogique numérique. L'information numérique est transmise par la connexion ADSL jusqu'au téléphone de l'opérateur. Les six étiquettes doivent donc suivre cet ordre fonctionnel sur le document réponse.

Chaîne d'information complétée


DTS3 assurer la connexion internet.

Pourquoi est-il nécessaire de prévoir deux connexions ?

Question C.2 DTS4 | À l'aide du document DTS4, **citer** le protocole de communication qui est retenu pour assurer la communication entre le producteur et GRDF.

Question C.3 DTS5 | En vous aidant du document DTS5, **expliquer** pourquoi le Modbus est un protocole de communication « *half duplex* ».

Sur le site du méthaniseur, le système est paramétré de la manière suivante :

- Débit : 9600 bit.s^{-1}
- Format d'un caractère : 11 bits

Question C.4 | En vous aidant du document technique DTS5 :

DT Capteur d Signal an Convertis Signal Téléphone

Calculer la durée m Analogique Numérique

Question C.5 | **Comparer** les résultats précédents avec la réactivité d'un homme qui est d'environ 1 seconde et **justifier** l'automatisation du système.

Question C.6 | **Conclure** sur le système de communication utilisé entre GRDF et le méthaniseur.

Partie D – Synthèse

Question D.1 | En vous aidant des travaux réalisés, **conclure** sur la possibilité de gérer un méthaniseur à distance.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Capteur de température, signal analogique, convertisseur analogique numérique, signal numérique, ADSL, téléphone.

Question A.3. À l'aide du DTS2, citer deux grandeurs physiques observables à distance par l'opérateur et donner leurs unités.

L'écran du DTS2 affiche plusieurs mesures accessibles à l'opérateur. On y relève des températures dans le digesteur, notamment 35,1 °C et 35,8 °C, ainsi qu'une pression de 1,4 bar. Les unités sont indiquées avec les valeurs affichées. Deux grandeurs physiques observables à distance sont donc la température et la pression.

Grandeurs visibles sur l'écran de contrôle

Grandeur physique	Valeurs affichées	Unité
Température	35,1 et 35,8	°C
Pression	1,4	bar

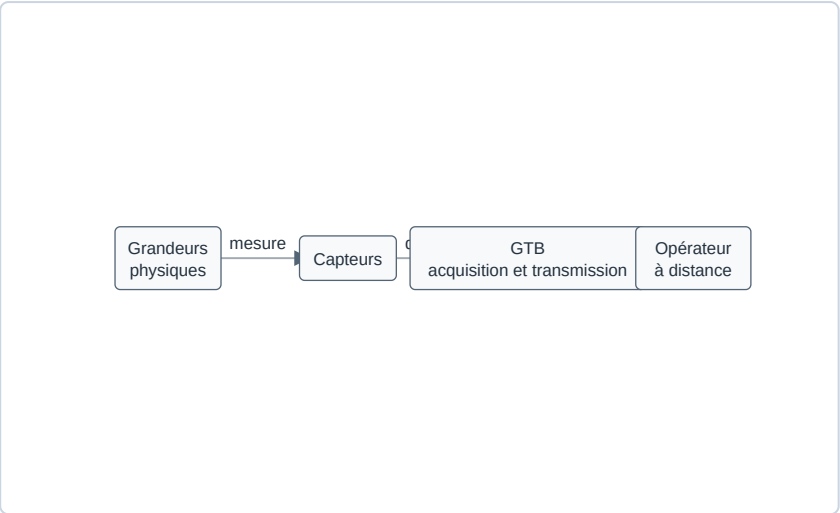
Relevé du DTS2.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Température du digesteur : 35,1 °C ou 35,8 °C. Pression : 1,4 bar.

Question A.4. Conclure sur la possibilité de surveiller à distance les différentes grandeurs physiques nécessaires au bon fonctionnement du système.

La surveillance à distance est possible : les capteurs acquièrent les grandeurs utiles et la GTB transmet les informations à l'opérateur, qui les consulte sur son écran. Celui-ci peut suivre notamment la température et la pression, puis être averti en cas de problème. La mise en situation précise que les informations sont transmises en temps réel, ce qui permet une surveillance sans présence permanente sur le site.

Principe de surveillance à distance



La GTB rend accessibles à distance les mesures du méthaniseur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La GTB permet à l'opérateur de surveiller à distance et en temps réel les grandeurs physiques utiles au bon fonctionnement du méthaniseur.

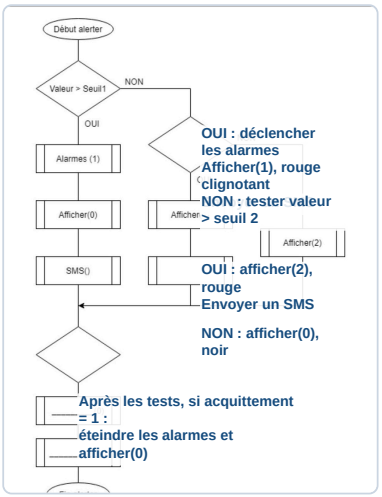
7. Validation de la possibilité d’alerter l’opérateur

Cette partie traite de la gestion automatisée des anomalies détectées à partir de grandeurs physiques et de seuils. Le candidat traduit l’algorithme d’alerte en algorigramme et en programme, puis évalue la capacité du système à gérer différents états de fonctionnement.

Question B.1. Compléter l’algorigramme du DRS2 conformément à l’algorithme de gestion des seuils, des alarmes, des affichages, de l’envoi des SMS et de l’acquittement.

Le premier test est « valeur > seuil 1 ». Si oui, le système déclenche les alarmes, affiche la valeur en rouge clignotant et envoie un SMS. Sinon, il teste le seuil 2 : en cas de dépassement, il affiche la valeur en rouge et envoie un SMS ; sinon, toutes les valeurs sont affichées en noir. Après ces tests, l’acquittement éteint les alarmes et rétablit l’affichage noir.

Algorigramme DRS2 complété



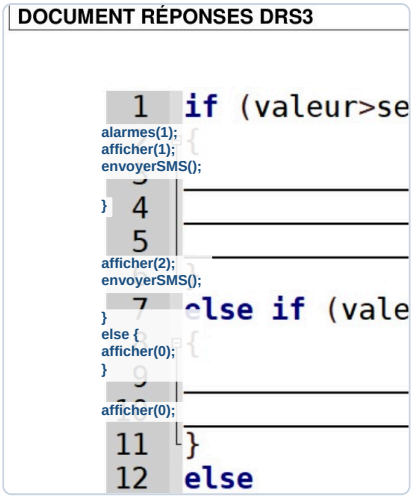
✓ RÉPONSE À RETENIR

Seuil 1 : alarme, rouge clignotant et SMS. Seuil 2 : rouge et SMS. Sinon : noir. Acquittement : alarmes éteintes et affichage noir.

Question B.2. Compléter le programme du DRS3 conformément à l’algorithme de gestion des alertes et de l’acquittement.

Le programme teste d’abord le seuil 1, puis le seuil 2 seulement si le premier n’est pas dépassé. Les affichages codent les états : `0` pour le noir, `1` pour le rouge clignotant et `2` pour le rouge fixe. Dans les deux cas de dépassement, un SMS est envoyé. Le test d’acquittement vient ensuite et éteint les alarmes.

Programme DRS3 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

Seuil 1 : alarmes(1), afficher(1), SMS. Seuil 2 : afficher(2), SMS. Sinon : afficher(0). Acquittement : alarmes(0), afficher(0).

Question B.3. Conclure sur la possibilité de gérer différentes situations de fonctionnement, notamment le fonctionnement normal et les niveaux d'alarme, à l'aide d'un système automatisé.

Oui. Le programme compare automatiquement la mesure aux deux seuils et distingue ainsi le fonctionnement normal des deux niveaux d'alerte. Selon le cas, il affiche l'état correspondant, envoie un SMS et déclenche les alarmes pour le dépassement du seuil 1. L'acquittement permet ensuite leur extinction et le retour à un affichage noir. Le dispositif gère donc plusieurs situations sans intervention immédiate de l'opérateur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le système automatisé distingue le fonctionnement normal des niveaux d'alerte, informe l'opérateur et gère l'acquittement.

8. Validation de la communication entre GRDF et le méthaniseur

Cette partie examine les connexions Internet et le protocole de communication utilisés entre le méthaniseur et GRDF. Elle porte sur le fonctionnement du Modbus RTU, les durées de transmission et la justification de l'automatisation des échanges.

Question C.1. À l'aide du DTS3, citer les deux moyens retenus pour assurer la connexion Internet et expliquer pourquoi il est nécessaire de prévoir deux connexions.

Les deux accès indiqués sont une connexion xDSL, notamment ADSL, et une connexion mobile 4G. La seconde liaison sert de secours si la première est indisponible : cette redondance maintient la connexion Internet nécessaire aux échanges avec GRDF.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Connexion xDSL (ADSL) et connexion mobile 4G, pour assurer la continuité du service.

Question C.2. À l'aide du DTS4, citer le protocole de communication retenu pour assurer les échanges entre le producteur et GRDF.

Le DTS4 retient le protocole Modbus pour les échanges automatisés entre le producteur et GRDF. Le DTS5 précise le fonctionnement des trames Modbus RTU, utilisé pour ces communications.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Protocole retenu : Modbus RTU.

Question C.3. À l'aide du DTS5, expliquer pourquoi le Modbus est un protocole de communication half duplex.

En Modbus, le maître envoie une commande ou une question, puis attend la réponse de l'esclave. Les données circulent donc dans les deux sens, mais un seul système transmet à la fois. Cette alternance évite les collisions.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Half duplex : communication dans les deux sens, mais jamais simultanément.

Question C.4. Avec le débit de 9600 bit/s et le format de 11 bits par caractère, calculer à l'aide du DTS5 la durée minimale entre deux trames et la durée maximale d'une trame Modbus RTU.

Un caractère de 11 bits transmis à 9600 bit/s dure ,001146 s. Le silence entre trames vaut au minimum 3,5 temps de caractère. Une trame maximale contient 260 octets : 1 d'adresse, 1 de fonction, 256 de données et 2 de CRC.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Silence minimal : 0,00401 s. Durée maximale d'une trame : 0,298 s.

Question C.5. Comparer les résultats précédents avec le temps de réaction d'un être humain, estimé à environ une seconde, et justifier l'automatisation du système.

Un échange complet peut comporter une trame de demande et une trame de réponse, avec le silence réglementaire entre elles. Même en prenant deux trames de taille maximale, la durée calculée reste inférieure à la seconde de réaction humaine. L'automatisation permet donc de gérer les échanges avec la réactivité nécessaire.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Échange maximal estimé : 0,600 s, inférieur à 1 s. L'automatisation est adaptée.

Question C.6. Conclure sur le système de communication utilisé entre GRDF et le méthaniseur.

La liaison xDSL, complétée par un accès mobile de secours, assure la continuité de la connexion. Modbus RTU permet des échanges automatisés, bidirectionnels et séquentiels entre le méthaniseur et GRDF. La durée d'un échange reste compatible avec le pilotage réactif de l'injection.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La connexion redondante et Modbus RTU permettent un pilotage automatisé et réactif des échanges avec GRDF.

9. Synthèse sur la gestion à distance du méthaniseur

Cette synthèse mobilise les résultats des études sur la surveillance, les alertes automatisées et la communication avec GRDF. Elle demande d'évaluer si le méthaniseur peut être géré à distance.

Question D.1. En vous aidant des travaux réalisés, conclure sur la possibilité de gérer un méthaniseur à distance.

La supervision à distance est possible : les mesures affichées incluent notamment la température et la pression. Le capteur adapté relève la température avec une précision de 0,1 °C. Le programme distingue plusieurs niveaux de fonctionnement et peut déclencher une alarme et envoyer un SMS. Les connexions internet redondantes et les échanges Modbus avec GRDF permettent la communication à distance. Les durées de transmission calculées restent inférieures à la réactivité humaine d'environ une seconde. Cela valide la surveillance et la gestion des alertes à distance, sans démontrer un pilotage complet de tous les équipements.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le méthaniseur peut être supervisé à distance, avec mesures, alertes automatiques et communication avec GRDF.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2022)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de spécialité STI2D, session 2022, code 22-2D2IDSINNC1, d'une durée de 4 heures, sans coefficient imprimé. Le sujet étudie un méthaniseur agricole : procédé, production et valorisation du biométhane, digestat et environnement. La partie commune vaut 12 points avec un choix entre les parties 2 et 4; la partie SIN vaut 8 points et porte sur la surveillance, les alertes et la communication avec GRDF.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La méthanisation est une dégradation anaérobie de matières organiques qui produit du biogaz et du digestat.
- Le volume quotidien nécessaire se calcule en divisant la masse d'intrants par leur masse volumique.
- L'énergie annuelle produite est le volume annuel de biométhane multiplié par l'énergie fournie par Nm^3.
- En Modbus RTU, le silence minimal entre deux trames vaut 3,5 fois la durée de transmission d'un caractère.

Points de vigilance & attentes du jury

- La partie commune comporte les parties 1, 3 et 5 obligatoires et un choix entre la partie 2 et la partie 4.
- Vérifier les unités et conversions : masse, volume, débit, durée, kWh, GWh et tonnes de CO_2.
- Pour les stockages, appliquer les coefficients de sécurité et comparer les durées calculées au minimum attendu.
- En logique d'alerte, respecter les seuils, les branches de l'algorithme et les actions associées à l'acquittement.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer l'énergie annuelle produite à partir du débit de biométhane ?

Multipliez le débit en Nm^3/h par le nombre d'heures de fonctionnement annuel pour obtenir le volume annuel. Multipliez ensuite ce volume par l'énergie fournie par Nm^3, puis convertissez les kWh en GWh si nécessaire.

Q : Comment déterminer la durée minimale entre deux trames Modbus RTU ?

Calculez la durée de transmission d'un caractère en divisant son nombre de bits par le débit en bit/s. Le silence minimal entre deux trames vaut 3,5 fois cette durée.

Q : Comment les points et le temps sont-ils répartis dans cette épreuve ?

La partie commune vaut 12 points et dure environ 2 h 30; la partie spécifique vaut 8 points et dure environ 1 h 30. Le sujet ne fournit pas de répartition des points par question et impose un choix entre les parties 2 et 4.

Q : Quels critères faut-il vérifier pour justifier le choix d'un capteur de température ?

Comparez la précision indiquée pour chaque capteur à la précision requise de 0,1 °C. Vérifiez aussi que sa plage de mesure couvre la température du digesteur et que ses caractéristiques conviennent à l'acquisition prévue.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2022/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2022 - 16-Sujet.pdf
Ressources Bac STI2D : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.