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

BTS FED

BTS FLUIDES ENERGIES DOMOTIQUE - U41 : Analyse et définition d’un système

Session 2017 • Code sujet : **17FE41ADS1** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **4**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Performance du bâti et gestion des équipements** (5 questions) — **Page 3**
2. **Production d’énergie par pompe à chaleur réversible et chaudière** (12 questions) — **Page 5**
3. **Armoire électrique et commande des pompes du local PAC** (3 questions) — **Page 11**
4. **Traitement d’air de la salle polyvalente** (8 questions) — **Page 13**
5. **Production d’ECS solaire** (5 questions) — **Page 17**
6. **Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 20**

Sujet officiel (PDF) : https://bts-fed.fr/assets/annales/bts-fed/E4.1 - Étude des systèmes - Analyse et définition d’un système/2017/BTS FED - E4.1 - Étude des systèmes - Analyse et définition d’un système - Session 2017 - 1-Sujet.pdf

1. Performance du bâti et gestion des équipements

Le lycée Marc Bloch est conçu pour réduire sa consommation énergétique et répondre aux objectifs du label BBC Effinergie. La partie s'appuie sur les caractéristiques thermiques des murs, un détail de pont thermique, une simulation thermique dynamique et un graphique de confort d'été.

Question A.1. À partir de la composition du mur extérieur et de ses données thermiques, vérifier sa conformité à la valeur de référence RT 2005 de 0,40 W·m⁻²·°C⁻¹ et calculer le gain en pourcentage par rapport à cette référence.

La résistance totale vaut `0,18/2 + 0,16/0,032 + 0,25 + 0,0125/0,32 + 0,17 = 5,549 m²·°C/W`. Donc `U = 1/5,549 ≈ 0,180 W·m⁻²·°C⁻¹`. Comme ce coefficient est inférieur à la référence de `0,40 W·m⁻²·°C⁻¹`, le mur est conforme. Le gain relatif est `(0,40 - U)/0,40 × 100`, soit environ 55 %.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> U ≈ 0,180 W·m⁻²·°C⁻¹ : mur conforme. Gain par rapport à la référence : environ 55 %.

Question A.2. Après avoir déterminé la valeur de Ubât, indiquer de quel document il faut disposer pour vérifier que le bâtiment respecte la RT 2005.

Il faut disposer de l'**étude thermique réglementaire RT 2005**, qui établit la valeur de référence `Ubât-réf` pour le bâtiment considéré. Le coefficient `Ubât` calculé pour le projet s'évalue à l'échelle de l'enveloppe, et non à partir du seul mur extérieur. La vérification consiste à comparer les deux valeurs : le bâtiment respecte cette exigence si `Ubât ≤ Ubât-réf`.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Étude thermique réglementaire RT 2005 : conformité si Ubât ≤ Ubât-réf.

Question A.3. Définir un pont thermique et expliquer, en vous appuyant sur le détail constructif fourni, la disposition retenue pour la liaison entre le mur extérieur et le plancher intermédiaire.

Un pont thermique est une zone de l'enveloppe où la résistance thermique est localement diminuée, ce qui accroît les déperditions. À la liaison entre le mur extérieur et le plancher intermédiaire, le détail prévoit des **rupteurs thermiques Schöck Rutherma** au périmètre de l'étage. Ils limitent la continuité thermique du béton tout en assurant la liaison structurelle par leurs armatures. Le schéma indique un coefficient linéique de projet maximal de `0,28 W/(m·K)`, contre `0,6 W/(m·K)` pour la référence RT 2005.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rupteurs thermiques Schöck Rutherma à la liaison mur-plancher : Ψ projet maximal de 0,28 W/(m·K), contre 0,6 W/(m·K) en référence RT 2005.

Question A.4. À partir du graphique de simulation thermique dynamique de janvier, relever l'intermittence jour-nuit, les périodes de chauffe et de non-chauffe ainsi que les consignes associées.

Période	Fonctionnement relevé	Températures approximatives
Avant la reprise, vers le 5 janvier	Chauffage des classes abaissé ou interrompu pendant les vacances	Classes autour de 14 à 15 °C
Après la reprise	Relance puis alternance jour-nuit les jours d'occupation	Classes : environ 19 °C en journée et 16 °C en abaissement
Circulations	Évolution plus régulière que dans les classes	Environ 16 à 18 °C

Les cycles quotidiens visibles traduisent une chauffe intermittente adaptée à l'occupation, avec une baisse de consigne la nuit et pendant les périodes sans cours.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Avant la reprise : classes vers 14 à 15 °C. Ensuite : environ 19 °C en journée et 16 °C en abaissement nocturne. Circulations : environ 16 à 18 °C.

Question A.5. Pour une température sèche de 29 °C et une humidité relative de 50 %, vérifier sur le graphique si une vitesse d'air de 0,5 m/s permet de limiter la température ressentie à 26 °C au maximum. Expliquer pourquoi une vitesse d'air de 1 m/s ne serait pas adaptée.

À `50 %` d'humidité relative, le graphique indique pour une vitesse d'air de `0,5 m/s` un gain ressenti d'environ `3 °C`. La température ressentie est donc `29 - 3 = 26 °C` : l'objectif est atteint. À `1 m/s`, le gain est plus important et la température ressentie descend nettement sous `26 °C`. Cette vitesse risque aussi de créer une sensation de courant d'air, donc un inconfort.

✓ RÉPONSE À RETENIR

À 0,5 m/s : température ressentie d'environ 26 °C, objectif atteint. À 1 m/s : refroidissement excessif et risque de courant d'air inconfortable.

2. Production d’énergie par pompe à chaleur réversible et chaudière

Cette partie étudie la production de chaleur et de froid du lycée, assurée par une PAC eau-eau réversible au R410A, une chaudière gaz et un champ de sondes géothermiques. Les supports comprennent des schémas hydrauliques, une fiche d’essai de pompe, un diagramme enthalpique, un schéma GTC et les données de régulation des réseaux.

Question B.1. Justifier le choix d’une pompe à chaleur eau-eau réversible sur sondes géothermiques par comparaison avec d’autres solutions techniques de pompes à chaleur réversibles.

Une PAC air-eau échange avec l’air extérieur, dont la température baisse en hiver et varie fortement. Les sondes géothermiques offrent une température de source plus stable, favorable au rendement et à la puissance de la PAC. En été, le sol permet aussi d’évacuer la chaleur pour le rafraîchissement. Cette solution évite les nuisances sonores d’une unité extérieure, mais nécessite des forages et un champ de sondes correctement dimensionné.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le captage géothermique procure une source stable pour le chauffage et le rafraîchissement, avec un bon rendement saisonnier et peu de nuisances sonores extérieures.

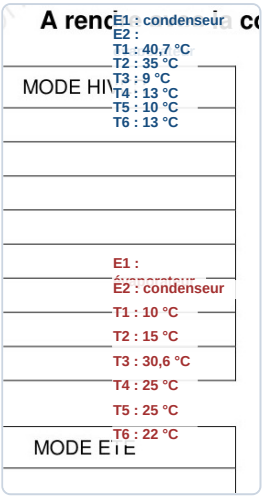
Question B.2. Compléter le document réponse DR1 en précisant la nature des équipements E1 et E2 et les températures T1 à T6 pour les modes hiver et été.

E1 est l’échangeur côté production : il condense le fluide frigorigène en hiver et l’évapore en été. E2 est l’échangeur côté retour PAC : il évapore le fluide en hiver et le condense en été. Les températures sont reportées dans l’ordre des sondes T1 à T6 du schéma.

Repère	Mode hiver	Mode été
E1	Condenseur	Évaporateur
E2	Évaporateur	Condenseur
T1 / T2	40,7 °C / 35 °C	10 °C / 15 °C
T3 / T4	9 °C / 13 °C	30,6 °C / 25 °C
T5 / T6	10 °C / 13 °C	25 °C / 22 °C

Ces valeurs correspondent respectivement aux régimes côté production, retour PAC et sondes géothermales indiqués dans le sujet.

DR1 complété, échangeurs et températures



✓ RÉPONSE À RETENIR

Hiver : E1 condenseur, E2 évaporateur; T1 à T6 : 40,7; 35; 9; 13; 10; 13 °C. Été : E1 évaporateur, E2 condenseur; T1 à T6 : 10; 15; 30,6; 25; 25; 22 °C.

Question B.3. Identifier la fonction des équipements référencés CPTCO1.1, CPTCO1.2, CPTCO1.5, CPTCO1.6 et CPTCO1.7 sur les schémas de principe, puis expliquer leur principe de fonctionnement.

Les repères désignent des compteurs d'énergie thermique : CPTCO1.1 sur le circuit chaudière, CPTCO1.2 sur le circuit de production PAC, puis CPTCO1.5, CPTCO1.6 et CPTCO1.7 sur les réseaux CO.1, CO.2 et CO.3. Ils permettent de connaître séparément l'énergie fournie aux différents circuits.

Chaque compteur mesure le débit d'eau et les températures aller et retour. Il calcule l'énergie thermique à partir du débit et de l'écart de température, puis fournit le comptage correspondant pour le suivi de l'installation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Ce sont des compteurs d'énergie thermique : mesure du débit et du ΔT aller-retour, calcul de l'énergie, avec un comptage distinct par circuit.

Question B.4. Compléter la fiche d'essai de la pompe de charge PAC PMP01.2 avec les éléments manquants. Comparer le débit mesuré au débit attendu et, en cas d'écart, formuler une hypothèse sur ses causes et proposer une action possible.

Le débit attendu est celui indiqué pour PMP01.2, soit 30,8 m³/h. La différence de pression vaut 2,6 - 2 = 0,6 bar, soit environ 6 mCE. Sur la courbe du modèle indiqué, cette hauteur correspond à un débit d'environ 27 m³/h : le débit est inférieur à l'attendu.

Un réglage de vitesse incorrect, de l'air dans le circuit, un filtre encrassé ou des pertes de charge trop élevées peuvent expliquer l'écart. Vérifier le réglage et l'état du circuit, puis refaire la mesure.

DR2 complété, débits attendus et mesurés

Débit attendu :	30,8 m³/h	Débit mesuré :	≈ 27 m³/h

✓ RÉPONSE À RETENIR

Débit attendu : 30,8 m³/h. Débit lu sur la courbe à environ 6 mCE : 27 m³/h, inférieur à l'attendu.

Dimensionnement du champ géothermique

Question B.5.1. À partir de la puissance récupérable par mètre de sonde, de la longueur totale de chaque sonde et des données de puissance de la PAC, évaluer le nombre de sondes géothermiques nécessaires.

La PAC fournit 225 kW. Avec un COP de 4,5, la puissance prélevée dans le sol vaut la puissance calorifique moins la puissance électrique du compresseur : 225 × (1 - 1/4,5) = 175 kW. Une sonde de 90 m fournit 90 × 40 = 3 600 W, soit 3,6 kW.

Le nombre nécessaire est donc 175 / 3,6 = 48,6. Il faut arrondir au nombre entier supérieur pour que la puissance de captage soit suffisante.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Prévoir 49 sondes géothermiques, chacune de 90 m, pour couvrir la puissance de captage calculée.

Bilan énergétique annuel

Question B.5.2. Évaluer l'énergie annuelle puisée dans le sol, exprimée en kWh par mètre linéaire et par an, à partir des données de chauffage et du COP moyen de la PAC.

La PAC assure 90 % des 180 MWh/an, soit 162 000 kWh/an de chaleur. L'énergie prélevée au sol est la chaleur fournie moins l'énergie électrique consommée : 162 000 × (1 - 1/4,5) = 126 000 kWh/an.

Les 49 sondes représentent 49 × 90 = 4 410 m de longueur totale. L'énergie puisée par mètre et par an vaut donc 126 000 / 4 410 = 28,6 kWh/ml.an.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'énergie annuelle prélevée dans le sol est d'environ 28,6 kWh par mètre linéaire de sonde.

Équilibrage saisonnier du champ

Question B.5.3. Sachant qu'en été le système injecte dans le sol 11,5 kWh par mètre linéaire et par an, conclure sur l'intérêt du raccordement en attente figurant sur le schéma de principe DR1.

Le champ prélève environ 28,6 kWh/ml.an en hiver, alors qu'il reçoit 11,5 kWh/ml.an en été. Le bilan reste déficitaire d'environ 17,1 kWh/ml.an. Le raccordement en attente permet de prévoir un apport complémentaire de chaleur au sol. Il est donc utile pour réduire ce déséquilibre, limiter le refroidissement progressif du terrain et préserver les performances de la PAC.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le raccordement est utile : le sol reçoit 11,5 kWh/ml.an pour environ 28,6 prélevés, soit un déficit annuel de 17,1 kWh/ml.an.

Question B.6. À l'aide du diagramme enthalpique du R410A, vérifier si les pressions mesurées à l'aspiration et au refoulement du compresseur sont compatibles avec les régimes de température d'eau du condenseur et de l'évaporateur, et justifier la conclusion.

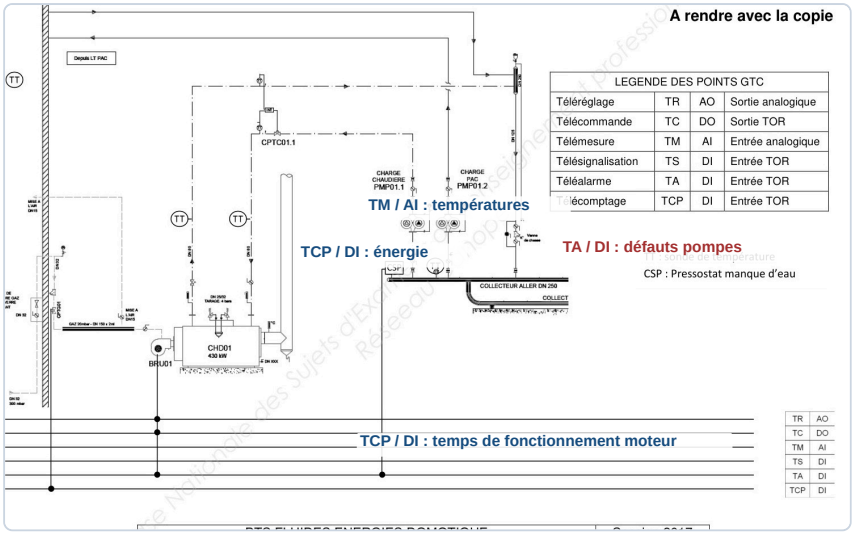
La lecture du diagramme donne, pour 7,5 bar à l'aspiration, une température de saturation voisine de -2 °C. Elle est inférieure à la température d'eau de la source géothermale en hiver, de 10 à 13 °C : l'évaporation est possible. À 27 bar au refoulement, la saturation est voisine de 43 °C, au-dessus de la température de départ côté production, 40,7 °C : la condensation peut chauffer l'eau. Les deux pressions sont compatibles avec ces régimes.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Oui : les températures de saturation lues, environ -2 °C à l'évaporation et 43 °C à la condensation, sont compatibles avec les régimes d'eau hivernaux.

Question B.7. À partir des informations sur le fonctionnement de l'installation, repérer sur DR4 les capteurs et actionneurs devant communiquer avec la GTC et relier chaque point au repère correspondant selon la légende. Le compteur gaz, le pressostat de sécurité manque d'eau et le brûleur sont déjà raccordés.

Les températures extérieure et aller-retour du circuit primaire chaudière sont des télémesures TM/AI. Le comptage d'énergie et le temps de fonctionnement moteur sont à transmettre en télécomptage TCP/DI. Les défauts des pompes PMP01.1 et PMP01.2 sont des téléalarmes TA/DI. Le compteur gaz, le pressostat manque d'eau et le brûleur sont déjà raccordés sur DR4 et ne doivent pas être reportés une seconde fois.

DR4, points GTC à compléter



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Températures : TM/AI. Énergie et temps moteur : TCP/DI. Défauts PMP01.1 et PMP01.2 : TA/DI. Les trois points déjà câblés restent inchangés.

Régulation des réseaux

Question B.8.1. Expliquer comment la puissance délivrée par les réseaux CO.1, CO.2 et CO.3 est régulée.

Sur CO.1 et CO.3, les vannes motorisées deux voies des émetteurs modulent le débit d'eau selon la demande thermique. La puissance délivrée varie ainsi avec le débit traversant les émetteurs. CO.2 utilise également des vannes deux voies sur les émetteurs. Sa vanne trois voies adapte en plus la température d'eau envoyée au plancher réversible, selon le régime chaud ou froid et les limites de sécurité.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les vannes deux voies modulent le débit des émetteurs sur les trois réseaux; la vanne trois voies de CO.2 adapte aussi la température de départ du plancher.

Vanne trois voies du réseau CO.2

Question B.8.2. Déterminer le type de montage de la vanne trois voies du réseau CO.2 et expliquer sa fonction.

La vanne trois voies de CO.2 est montée en mélange. Elle mélange l'eau de départ avec une partie de l'eau de retour afin d'obtenir la température demandée en entrée du plancher. Cette régulation permet d'adapter la température de départ aux besoins de chauffage ou de rafraîchissement, sans envoyer directement au plancher une eau à la température du circuit primaire.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Montage en mélange : la vanne mélange l'eau de départ et l'eau de retour pour régler la température envoyée au plancher réversible.

Sécurités du plancher réversible

Question B.8.3. Indiquer les sécurités à prévoir sur le réseau CO.2 de plancher chauffant réversible.

La température de départ du plancher est limitée à 37 °C en hiver et à 16 °C en été. Le sujet précise que le non-respect de ces seuils entraîne l'arrêt de PMP01.6. En mode rafraîchissement, il faut aussi éviter la condensation sur le plancher : la température d'eau doit rester au-dessus du point de rosée de l'air intérieur. Une régulation et une sécurité adaptées doivent donc contrôler ces conditions.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Départ limité à 37 °C en hiver et 16 °C en été; arrêt de PMP01.6 hors limites et protection contre la condensation en rafraîchissement.

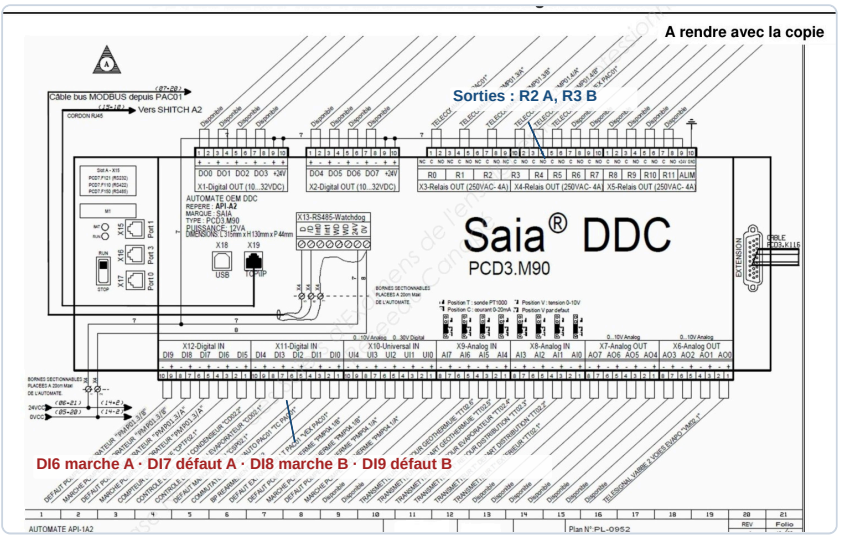
3. Armoire électrique et commande des pompes du local PAC

Cette partie examine la commande de pompes de charge fonctionnant en mode normal-secours, avec permutation cyclique et arrêt sur défaut. Les schémas électriques de l'armoire PAC et le document de câblage de l'automate servent à étudier les entrées-sorties, les autorisations de marche et la réaction à un manque d'eau.

Question C.1. Sur le document réponse DR5, mettre en évidence en couleur les entrées et les sorties qui interviennent dans le fonctionnement des pompes doubles PMP01.3.A et PMP01.3.B.

Sur DR5, les quatre retours des pompes sont des entrées TOR : marche et défaut pour chacune des pompes A et B. Les commandes des pompes sont des sorties relais. Repérer les bornes et fonctions indiquées dans le schéma de câblage : les entrées se trouvent en bas à gauche du document, les sorties de commande dans la rangée supérieure des relais. Les repères DI6 à DI9 et R2 à R3 permettent de distinguer les signaux à mettre en évidence.

DR5 : signaux des pompes PMP01.3.A et PMP01.3.B



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Entrées : DI6 marche A, DI7 défaut A, DI8 marche B, DI9 défaut B. Sorties : R2 commande A, R3 commande B.

Question C.2. À partir des schémas électriques du document technique DT2, lister les conditions requises pour que la pompe PMP01.3.A soit autorisée à fonctionner.

Pour être autorisée, la pompe A doit être sélectionnée par la commande normal-secours et recevoir l'ordre de marche, avec le système en marche automatique. Le circuit de commande doit être alimenté, le disjoncteur Q10 enclenché et le contacteur de la pompe B au repos, afin que l'interverrouillage autorise KM10. La chaîne de sécurité doit rester validée : KA2 doit être excité, donc aucun manque d'eau ne doit être détecté. Enfin, la pompe A ne doit pas être en défaut, et son contacteur KM10 doit pouvoir s'enclencher.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Marche automatique, ordre de marche et sélection de A, Q10 enclenché, absence de défaut et de manque d'eau, pompe B arrêtée.

Question C.3. La pompe PMP01.3.A fonctionne depuis 20 heures et les états des disjoncteurs et contacteurs sont ceux indiqués. Analyser la réaction du système lorsque le pressostat CSP 02.1 détecte un manque d'eau et préciser si l'automate détecte cette anomalie. Structurer le raisonnement.

1. Le pressostat CSP 02.1 détecte le manque d'eau : le relais KA2 retombe et son contact de sécurité coupe la commande de KM10. La pompe A s'arrête.
2. Le défaut empêche la permutation vers la pompe B : la sécurité commune reste ouverte. Les 20 heures de fonctionnement ne déclenchent pas la permutation cyclique, prévue après 720 heures.
3. L'état de KA2 est également transmis à l'automate par une entrée TOR. L'automate détecte donc la perte de la sécurité manque d'eau.

✓ RÉPONSE À RETENIR

KA2 retombe, KM10 est coupé et la pompe A s'arrête. La pompe B reste inhibée par la sécurité commune. L'automate détecte le défaut via le retour TOR de KA2.

4. Traitement d’air de la salle polyvalente

La partie porte sur la CTA double flux de la salle polyvalente, ses filtres, son récupérateur rotatif, ses registres et sa batterie change-over. Les documents techniques présentent les caractéristiques et les conditions de fonctionnement de la centrale, tandis que le diagramme psychrométrique sert à représenter les transformations de l’air en hiver.

Question D.1. Déterminer le débit minimal d’air neuf nécessaire pour répondre aux contraintes réglementaires, à partir des données d’occupation et du débit hygiénique indiqués dans le document technique.

Le débit hygiénique minimal est le nombre d’occupants multiplié par le débit réglementaire par personne. Avec 475 personnes et 18 m³/h par personne, il faut fournir 8 550 m³/h d’air neuf. La CTA est annoncée à 8 500 m³/h : son débit nominal est donc inférieur de 50 m³/h au minimum calculé. Le débit minimal à retenir pour respecter la contrainte est 8 550 m³/h.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit minimal d’air neuf : **8 550 m³/h**. La CTA de 8 500 m³/h est insuffisante de 50 m³/h.

Question D.2. Expliquer la fonction du filtre F5 placé sur l’extraction d’air intérieur et préciser comment la supervision est informée de son encrassement : type de capteur, grandeur mesurée et type de données transmises.

Le filtre F5 retient les particules de l’air extrait et limite l’encrassement du récupérateur rotatif et des équipements de la CTA. Quand le filtre se charge, sa perte de pression augmente. Le détecteur indiqué dans le DCE est un pressostat d’encrassement, qui mesure la différence de pression de part et d’autre du filtre. Il transmet un état logique à la supervision, signalant que le seuil d’encrassement est atteint.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pressostat différentiel : mesure de la perte de charge et transmission d’un état logique d’encrassement à la supervision.

Capteur de CO_2

Question D.3.1. Identifier l’actionneur sur lequel agit le capteur de CO_2 installé sur l’extraction et expliquer la fonction de ce capteur.

Le capteur de CO_2 commande le servomoteur du volet d’air neuf, au niveau des registres du caisson de mélange. Il mesure la concentration de dioxyde de carbone dans l’air extrait, qui sert d’indicateur de la qualité de l’air intérieur et de l’occupation. Lorsque le taux de CO_2 augmente, la régulation ouvre davantage le volet d’air neuf afin d’accroître le renouvellement d’air.

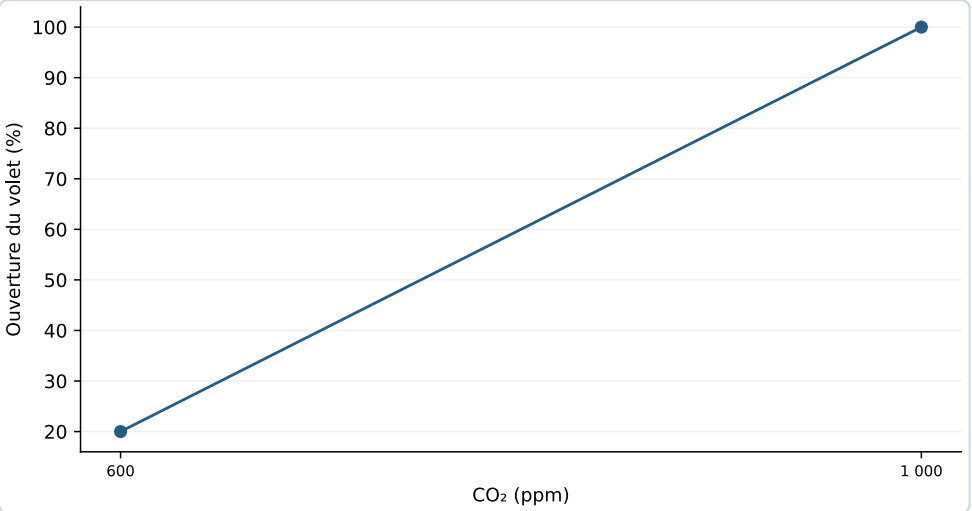
✓ RÉPONSE À RETENIR

Actionneur : servomoteur du volet d'air neuf. Fonction : adapter le renouvellement d'air à la qualité de l'air intérieur.

Loi de commande du volet d'air neuf

Question D.3.2. Tracer le diagramme de régulation du volet d'air neuf lorsque, en période d'occupation, le taux de CO_2 varie de 600 à 1 000 ppm et que le volet est commandé proportionnellement de 20 % à 100 %.

La commande est proportionnelle entre les deux valeurs données : 20 % d'ouverture à 600 ppm et 100 % à 1 000 ppm. Le diagramme relie ces points par un segment droit. La pente est de 0,2 point de pourcentage par ppm, soit une augmentation de 80 points pour une hausse de 400 ppm. L'axe horizontal représente le taux de CO_2 et l'axe vertical l'ouverture du volet.



✓ RÉPONSE À RETENIR

Volet : 20 % à 600 ppm, puis progression linéaire jusqu'à 100 % à 1 000 ppm.

Question D.4. Définir le free-cooling, en expliquer le principe et l'intérêt, puis donner trois ou quatre conditions nécessaires à son fonctionnement, notamment en matière de températures, d'horaire ou de saison.

Le free-cooling refroidit les locaux en utilisant l'air extérieur, sans faire fonctionner la production frigorifique. La CTA passe en 100 % air neuf : elle évacue les apports de chaleur et réduit la consommation d'énergie. Les conditions à réunir sont notamment :

- un besoin de refroidissement dans le bâtiment ;
- un air extérieur plus frais que l'air intérieur ;
- une température extérieure permettant de refroidir sans inconfort ;
- une période utile au refroidissement, souvent la nuit ou en mi-saison.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Free-cooling : refroidissement des locaux par apport d'air extérieur plus frais, en 100 % air neuf et sans production frigorifique.

Question D.5. Expliquer à quoi servent les documents DCE et DOE et à quel moment du déroulement d'un projet chacun est produit.

Le DCE, dossier de consultation des entreprises, décrit les travaux attendus et permet aux entreprises d'établir leur offre. Il est préparé pendant les études, avant la consultation et l'attribution des marchés. Le DOE, dossier des ouvrages exécutés, rassemble les documents et caractéristiques des installations réellement réalisées, utiles à leur exploitation et à leur maintenance. Il est constitué à la fin des travaux et remis au maître d'ouvrage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

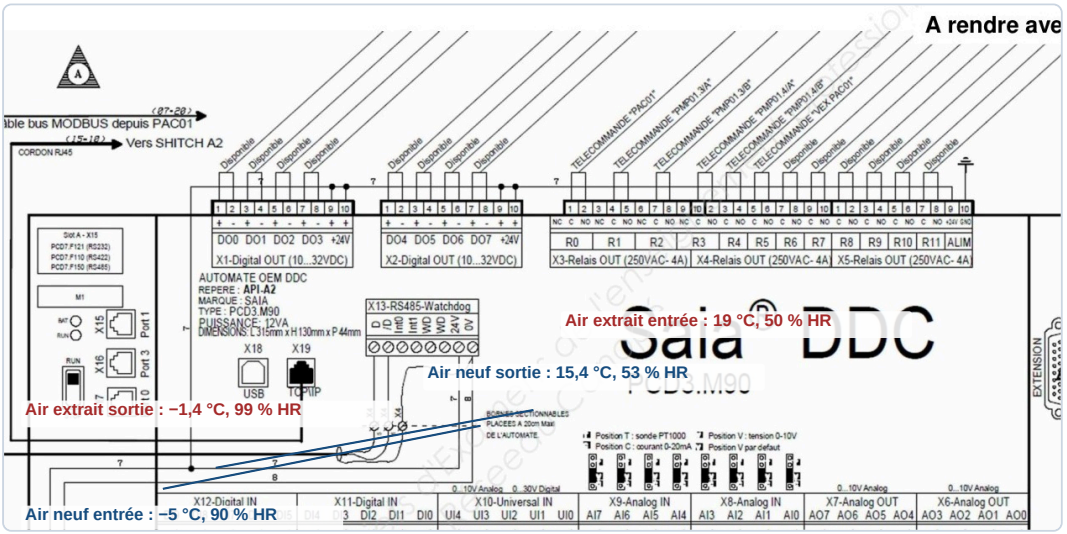
DCE : consultation des entreprises, avant travaux. DOE : dossier des installations réellement exécutées, remis en fin de travaux.

Récupération rotative en hiver

Question D.6.1. En conditions hivernales extrêmes et à occupation maximale, tracer sur le diagramme psychrométrique DR6 les transformations de l'air neuf et de l'air extrait dans l'échangeur rotatif. Justifier l'allure des évolutions en tenant compte de la récupération de chaleur sensible et latente.

Reporter sur le diagramme les quatre états hivernaux indiqués dans le DOE. L'air neuf passe de −5 °C, 90 % HR à 15,4 °C, 53 % HR : il se réchauffe et gagne de l'humidité absolue. L'air extrait passe de 19 °C, 50 % HR à −1,4 °C, 99 % HR : il se refroidit et perd de l'humidité absolue, avec condensation dans la roue. La récupération porte donc sur la chaleur sensible et latente ; l'humidité relative seule ne décrit pas le transfert d'eau.

États d'air et transformations dans le récupérateur rotatif en hiver



✓ RÉPONSE À RETENIR

Air neuf : −5 °C, 90 % HR → 15,4 °C, 53 % HR. Air extrait : 19 °C, 50 % HR → −1,4 °C, 99 % HR.

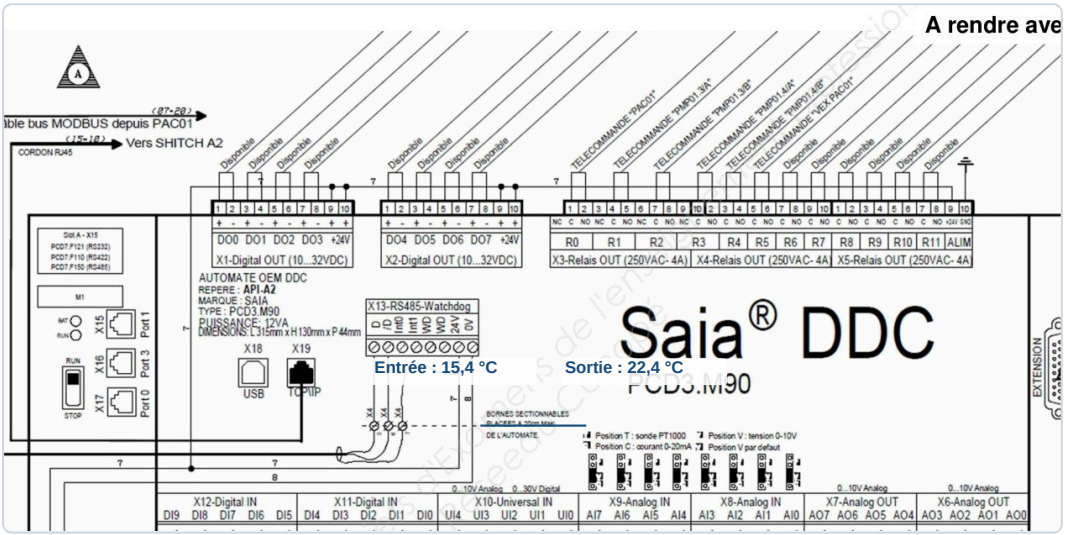
Batterie de traitement

Question D.6.2. Sur le diagramme psychrométrique DR6, tracer les transformations subies par l’air soufflé dans la batterie.

En hiver, l’air entre dans la batterie à 15,4 °C après son passage dans la roue. La puissance de chauffage est de 20 kW. En prenant la capacité thermique massique usuelle de l’air, la hausse de température est d’environ 7,0 °C. La batterie réalise donc un chauffage sensible : la température augmente et l’humidité absolue reste constante.

État	Température	Humidité absolue
Entrée batterie	15,4 °C	Constante
Sortie estimée	22,4 °C	Constante

Chauffage sensible de l’air dans la batterie



✓ RÉPONSE À RETENIR

Dans la batterie : chauffage sensible de 15,4 °C à environ **22,4 °C**, à humidité absolue constante.

5. Production d’ECS solaire

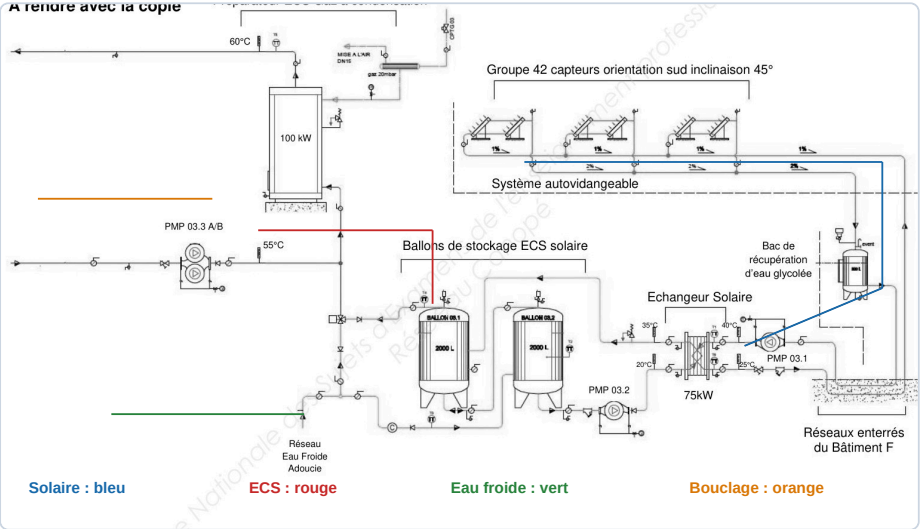
L’installation préchauffe l’eau sanitaire au moyen de capteurs solaires et de deux ballons de stockage, puis complète le chauffage de l’eau avec un préparateur gaz réglé à 60 °C. Le schéma DR7 présente les circuits, les échangeurs, les pompes et les sondes de température de la régulation solaire.

Question E.1. Sur le document réponse DR7, distinguer avec des couleurs différentes le circuit solaire, le circuit ECS, le circuit d’eau froide adoucie et le circuit de bouclage, puis ajouter une légende claire.

Repérer les circuits selon leur fonction : le circuit solaire relie les capteurs à l’échangeur solaire par la pompe PMP03.1 ; le circuit ECS relie les ballons au préparateur gaz, puis au départ à 60 °C ; l’eau froide adoucie alimente les ballons ; le bouclage ramène l’eau du réseau vers la production. Les couleurs proposées dans la légende distinguent ces quatre trajets sur le schéma DR7.

Circuit	Couleur proposée
Solaire	Bleu
ECS	Rouge
Eau froide adoucie	Vert
Bouclage	Orange

DR7 : repérage des circuits et légende



✓ RÉPONSE À RETENIR

DR7 : solaire en bleu, ECS en rouge, eau froide adoucie en vert et bouclage en orange.

Question E.2. Identifier le type de fluide caloporteur utilisé dans le circuit solaire et expliquer pourquoi de l’eau seule n’est pas utilisée.

Le circuit solaire est rempli d’un fluide caloporteur antigel, généralement un mélange d’eau et de glycol avec des inhibiteurs adaptés. Le glycol abaisse la température de congélation et protège les capteurs et les conduites extérieures lorsque la température chute ou que la circulation s’arrête. L’eau seule pourrait geler, se dilater et

endommager l'installation. Le fluide transmet aussi la chaleur des capteurs à l'échangeur, tout en restant séparé de l'eau sanitaire. Le schéma prévoit un bac de récupération d'eau glycolée, cohérent avec l'emploi de ce fluide dans le circuit solaire.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le circuit contient un fluide eau-glycol antigel, utilisé pour éviter le gel et les dommages aux capteurs et conduites.

Question E.3. Présenter les différentes fonctions de l'échangeur ECH 03.1 dans l'installation de production d'ECS solaire.

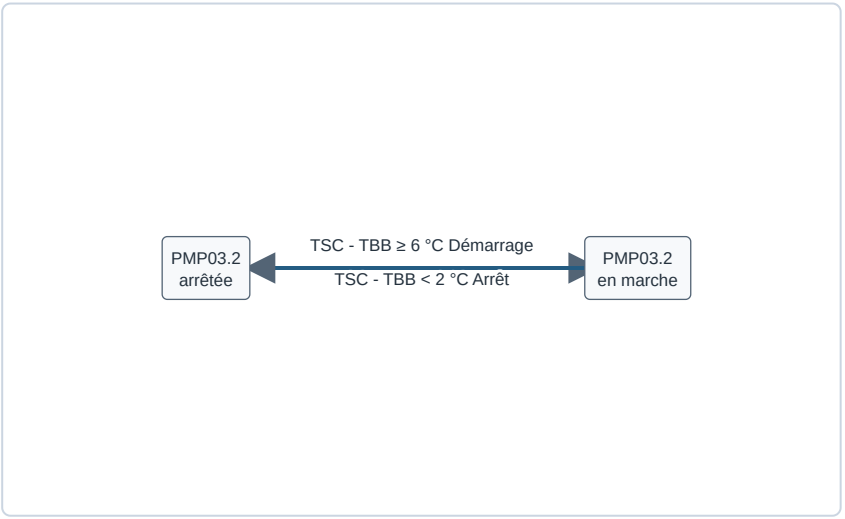
ECH 03.1 est l'échangeur solaire placé entre le circuit caloporteur des capteurs et l'eau des ballons. Il transfère la chaleur solaire à l'eau sanitaire sans mélanger les deux fluides. Cette séparation évite que le fluide glycolé entre dans le circuit d'eau potable et protège ainsi la qualité sanitaire de l'ECS. L'eau préchauffée est ensuite stockée dans les ballons ; le préparateur gaz assure l'appoint nécessaire pour atteindre sa consigne de 60 °C.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> ECH 03.1 transmet la chaleur solaire à l'eau des ballons en séparant le fluide caloporteur de l'ECS.

Question E.4. Décrire les conditions de fonctionnement de la pompe PMP03.2 en fonction des températures TSC et TBB, puis les représenter sous forme d'un graphe de régulation.

La régulation compare TSC, température à l'arrivée des capteurs, à TBB, température en bas du ballon. La pompe PMP03.2 démarre lorsque TSC dépasse TBB de 6 °C. Elle s'arrête lorsque l'écart entre TSC et TBB devient inférieur à 2 °C. Entre ces deux seuils, elle conserve son état précédent : cette hystérésis évite les démarrages et arrêts rapprochés.

Régulation différentielle de PMP03.2



Pour un écart compris entre 2 °C et 6 °C, la pompe conserve son état précédent.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Démarrage si TSC - TBB atteint 6 °C ; arrêt si l'écart devient inférieur à 2 °C. Entre les seuils, l'état est conservé.

Question E.5. Justifier la mise en œuvre d'un mitigeur en sortie du stockage de l'ECS solaire.

La température de stockage solaire peut dépasser 60 °C, puisque le sujet indique que l'eau préchauffée peut être portée au-dessus de cette valeur pour valoriser les apports solaires. Un mitigeur en sortie mélange cette eau chaude avec de l'eau froide afin de limiter et stabiliser la température distribuée aux usagers. Il réduit ainsi le risque de brûlure aux points de puisage, tout en permettant de conserver une température de stockage élevée. L'appoint gaz maintient ensuite la consigne de sortie prévue à 60 °C.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le mitigeur limite la température distribuée et le risque de brûlure, tout en autorisant un stockage solaire au-dessus de 60 °C.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2017)

Bilan de l'épreuve : Épreuve BTS Fluides Energies Domotique, unité U41, session 2017, code 17FE41ADS1, d'une durée de 4 heures et de coefficient 4. À partir du projet du lycée Marc Bloch, elle évalue l'analyse énergétique du bâti, la production par PAC et chaudière, la commande électrique des pompes, le traitement d'air d'une CTA et la production solaire d'ECS.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Pour une couche homogène, R = e/λ ; les résistances thermiques des couches successives s'additionnent pour former la résistance totale.
- Le COP en chauffage est le rapport entre la chaleur produite par la PAC et l'énergie électrique consommée.
- Un échangeur rotatif peut récupérer de la chaleur sensible et latente entre l'air extrait et l'air neuf.
- La régulation solaire démarre la pompe si TSC dépasse TBB de 6 °C et l'arrête lorsque l'écart entre TSC et TBB devient inférieur à 2 °C.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer les températures d'aller et de retour ainsi que les régimes hiver et été avant de compléter les schémas.
- Pour lire un débit de pompe, utiliser la courbe correspondant au modèle indiqué et tenir compte de la hauteur manométrique.
- Sur le diagramme psychrométrique, identifier les états d'entrée et tracer chaque transformation dans le sens de circulation de l'air.
- Respecter les légendes des documents réponse et distinguer clairement alarmes, télésignalisations, mesures et commandes GTC.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment aborder le calcul du nombre de sondes géothermiques ?

Multipliez la capacité d'extraction linéique par la longueur totale d'une sonde pour obtenir sa capacité de captage. Divisez la puissance de captage requise par cette capacité et arrondissez le nombre de sondes à l'entier supérieur.

Q : Comment reconnaître la transformation de l'air dans une roue de récupération en hiver ?

L'air neuf froid se réchauffe et peut gagner de l'humidité au contact indirect de l'air extrait plus chaud. L'air extrait se refroidit et peut perdre de l'humidité. La récupération sensible concerne la température et la récupération latente l'humidité.

Q : Comment répartir les 4 heures de l'épreuve entre les parties ?

Le sujet conseille 20 minutes de lecture, puis 30 minutes pour A, 1 h 15 pour B, 30 minutes pour C, 50 minutes pour D et 35 minutes pour E. Les barèmes indicatifs sont de 10, 29, 11, 18 et 12 points.

Q : Que faut-il privilégier pour obtenir les points sur les schémas et les calculs ?

Présentez les étapes de calcul, les unités et les hypothèses, puis formulez une conclusion liée à la question. Sur les schémas, utilisez les repères et légendes fournis, tracez lisiblement les liaisons et différenciez les types de signaux.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bts-fed.fr/assets/annales/bts-fed/E4.1 - Étude des systèmes - Analyse et définition d'un système/2017/BTS FED - E4.1 - Étude des systèmes - Analyse et définition d'un système - Session 2017 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Fluides Énergies Domotique : 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.