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

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SÉRIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (STI2D), ENSEIGNEMENT SPÉCIFIQUE ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

SESSION 2026

ÉPREUVE DE SPÉCIALITÉ : INGÉNIERIE, INNOVATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE (2I2D), ENSEIGNEMENT SPÉCIFIQUE ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

Coefficient : 16 Durée : 4 heures

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet.

Composition de l'épreuve	Support
PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et énergétique (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 2 : Étude technologique et dimensionnement (6 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 3 : Préparation de l'installation et contrôle des performances (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 4 : Prévention et sécurité (4 points)	Dossier Questionnement
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES (DT 1, DT 2, DT 3)	Fourni avec le sujet
DOCUMENTS RÉPONSES (DR 1, DR 2) : À RENDRE AVEC LA COPIE	Fin de sujet

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

LES DOCUMENTS RÉPONSES SITUÉS EN FIN DE DOSSIER SONT À COMPLÉTER ET À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION ET CAHIER DES CHARGES : LYCÉE POLYVALENT DES RIVES, VALENCE (DRÔME), AVEC L'ENTREPRISE SOLÉA ÉNERGIE, INSTALLATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

Le lycée polyvalent des Rives étudie l'installation d'une ombrière photovoltaïque sur une partie de son parking. L'entreprise Soléa Énergie est chargée de vérifier les performances énergétiques du projet, le dimensionnement électrique préliminaire et les conditions de mise en œuvre.

Le champ comprend 36 modules photovoltaïques de 430 Wc, répartis en trois chaînes de 12 modules. L'installation doit alimenter les usages du lycée en priorité, permettre le stockage d'une partie du surplus dans une batterie et injecter le surplus restant au réseau.

Le cahier des charges impose une puissance photovoltaïque installée comprise entre 15 kWc et 16 kWc, une tension maximale de chaîne inférieure à 1 000 V en circuit ouvert dans les conditions de température retenues, une chute de tension continue inférieure ou égale à 1,5 % sur la liaison étudiée et une énergie annuelle autoconsommée aussi élevée que possible. Les équipements doivent être installés et vérifiés conformément aux prescriptions applicables aux installations photovoltaïques et électriques. Les références et données nécessaires sont fournies dans le dossier technique.

Les réponses sont à rédiger dans les cadres des documents réponse ou sur la copie. Les résultats numériques seront accompagnés des unités et des étapes de calcul utiles.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et énergétique (5 points)

Caractériser le système et établir son bilan énergétique

À partir du contexte et des documents DT 1 et DT 2, analyser le fonctionnement attendu de l'installation photovoltaïque. Pour les calculs annuels, le productible spécifique et le ratio de performance sont ceux indiqués dans le dossier technique.

Données générales du projet

Paramètre	Valeur
Nombre de modules	36
Puissance nominale d'un module	430 Wc
Consommation annuelle du lycée	24 000 kWh
Part de la production autoconsommée	62 %

Données de projet à exploiter, détaillées dans DT 1 et DT 2.

1.1 (1 point) Indiquer la fonction principale de l'ombrière photovoltaïque et préciser le rôle de l'onduleur et celui de la batterie dans la chaîne d'énergie.

1.2 (1,5 point) Calculer la puissance photovoltaïque nominale totale installée. Vérifier si elle respecte l'intervalle du cahier des charges, soit de 15 kWc à 16 kWc.

1.3 (1,5 point) Déterminer la production électrique annuelle estimée, puis l'énergie annuelle autoconsommée et l'énergie annuelle injectée au réseau. Utiliser les relations fournies dans DT 2 et la part d'autoconsommation indiquée.

1.4 (1 point) À partir du facteur d'émission fourni dans DT 2, estimer la masse annuelle de CO_2 associée à l'électricité du réseau qui n'est plus achetée grâce à l'énergie autoconsommée. Exprimer le résultat en kg de CO_2 par an.

PARTIE 2 : Étude technologique et dimensionnement (6 points)

Vérifier les choix électriques et la capacité de stockage

Les caractéristiques des modules, de l'onduleur, des conducteurs et de la batterie sont données dans DT 2. Les trois chaînes comportent chacune 12 modules montés en série. Les calculs de tension à froid sont réalisés pour une température minimale de cellule de -10 °C.

Paramètres de vérification électrique

Paramètre	Valeur
Tension à vide du module à 25 °C	39,0 V
Coefficient de température de Voc	-0,28 %/°C
Courant de court-circuit du module	13,8 A
Courant maximal admissible par entrée MPPT	30 A
Résistivité du cuivre à retenir	0,0225 Ω·mm²/m

Valeurs extraites des fiches techniques du projet, données complètes dans DT 2.

2.1 (1,5 point) Calculer la tension à vide maximale d'une chaîne de 12 modules à -10 °C. On utilisera la variation relative de tension sur un écart de température de 35 °C. Vérifier la conformité à la limite d'entrée de l'onduleur de 1 000 V.

2.2 (1 point) Deux chaînes peuvent être raccordées en parallèle sur une même entrée MPPT. Calculer le courant de court-circuit total de ces deux chaînes et vérifier la compatibilité avec le courant maximal admissible de l'entrée.

2.3 (1,5 point) Pour la liaison continue étudiée, le courant est de 13,23 A, la longueur aller est de 35 m et la section du conducteur en cuivre est de 6 mm². Calculer la chute de tension aller-retour avec $\Delta U = 2\rho L I / S$, puis son pourcentage par rapport à la tension de fonctionnement de la chaîne de 390 V. Comparer le résultat à la limite de 1,5 %.

2.4 (1 point) La liaison est protégée mécaniquement et posée dans les conditions indiquées dans DT 2. Après application du facteur de correction, le courant admissible du câble de 6 mm² est de 32,8 A. Vérifier que ce câble convient pour le courant de fonctionnement d'une chaîne, puis justifier la décision à l'aide du résultat de la question 2.3.

2.5 (1 point) La batterie a une capacité nominale de 20 kWh, une profondeur de décharge maximale de 90 % et un rendement de 95 % à la charge comme à la décharge. Une énergie de 14 kWh est disponible en surplus à l'entrée du système de stockage. Calculer l'énergie électrique restituable après charge et décharge, puis vérifier si elle permet de couvrir un besoin du soir de 12 kWh.

PARTIE 3 : Préparation de l'installation et contrôle des performances (5 points)

Établir un quantitatif, préparer les opérations et diagnostiquer un écart

Le responsable de chantier demande un quantitatif simplifié des équipements, un ordre opératoire de mise en œuvre et une analyse d'un relevé de contrôle. Les prix unitaires et les données de diagnostic figurent dans DT 3. Les prix sont hors taxes et la main-d'œuvre est exclue.

Extrait du quantitatif et prix unitaires

Équipement	Quantité	Prix unitaire HT
Module photovoltaïque 430 Wc	36 unités	118 €
Onduleur triphasé	1 unité	2 400 €
Structure d'ombrière	1 lot	1 650 €
Batterie	20 kWh	420 €/kWh
Protections et coffrets	1 lot	1 250 €
Câble continu solaire	80 m	1,85 €/m

Quantités et prix unitaires à exploiter pour compléter le DR 1.

3.1 (2 points) Compléter le DR 1 : calculer le coût HT de chaque ligne et le coût total des équipements. Présenter les opérations et arrondir au centime lorsque nécessaire.

3.2 (1,5 point) Proposer, dans l'ordre, trois opérations essentielles de préparation et de réalisation de l'installation, depuis le contrôle des supports jusqu'aux essais de mise en service. Pour chaque opération, indiquer un contrôle ou un critère d'acceptation pertinent en vous appuyant sur DT 1 à DT 3.

3.3 (1,5 point) Lors d'un contrôle, une chaîne de 12 modules fournit une tension de 390 V au point de puissance maximale, mais son courant mesuré est de 6,6 A alors que les deux autres chaînes délivrent chacune environ 13,2 A dans des conditions d'éclairement comparables. Identifier l'écart, proposer deux causes techniques plausibles et indiquer deux vérifications permettant de localiser le défaut.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité (4 points)

Identifier les risques et organiser une intervention maîtrisée

Les interventions comprennent le travail en hauteur sur la structure, la manutention de modules et des opérations électriques en présence d'un générateur photovoltaïque. Les données de prévention applicables au scénario sont précisées dans DT 3.

Situations de travail à analyser

Situation	Risque principal
Pose des modules sur l'ombrière	Chute de hauteur
Raccordement côté continu en journée	Électrisation ou arc électrique
Déplacement manuel des modules	Trouble musculosquelettique ou choc

Scénarios de prévention du chantier étudié.

4.1 (2 points) Pour chacune des trois situations du tableau, proposer une mesure de prévention collective ou organisationnelle adaptée et un équipement de protection individuelle pertinent. Distinguer les mesures qui suppriment ou réduisent le risque à la source de celles qui protègent le salarié.

4.2 (1 point) Décrire les principales étapes de mise en sécurité avant une intervention sur la partie électrique : séparation de l'installation, condamnation, identification, vérification d'absence de tension lorsque cette vérification est possible et maintien des conditions de sécurité pendant l'intervention.

4.3 (1 point) Expliquer pourquoi les modules photovoltaïques peuvent rester producteurs de tension en journée même si l'onduleur est arrêté. Indiquer une conséquence pratique pour le choix des gestes et des équipements lors d'une intervention côté continu.

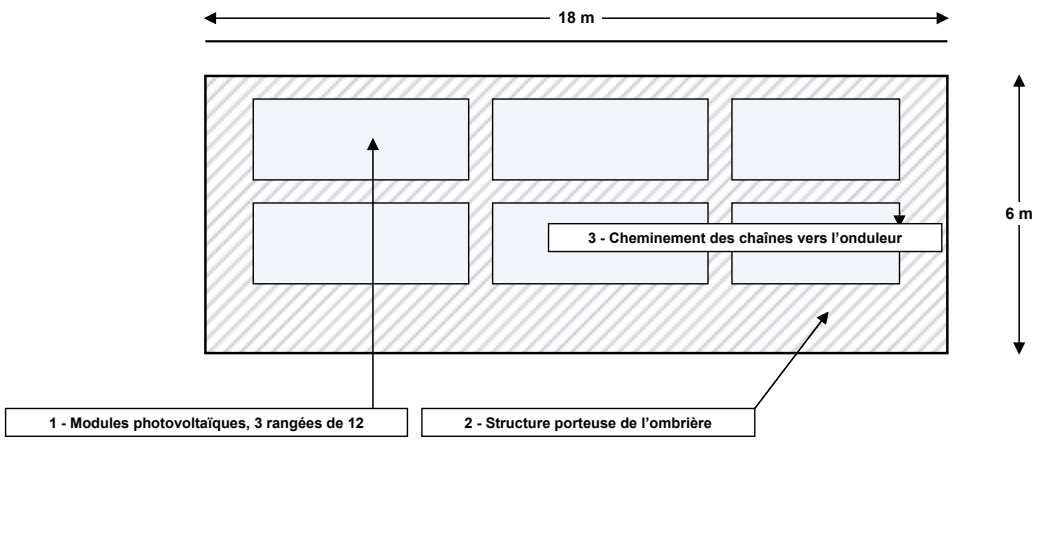
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : IMPLANTATION DE L'OMBRIÈRE ET ARCHITECTURE FONCTIONNELLE

L'ombrière couvre une emprise rectangulaire de 18 m par 6 m. Elle porte 36 modules disposés en trois rangées de 12 modules. Chaque rangée constitue une chaîne de 12 modules en série. Les trois chaînes rejoignent un onduleur triphasé. Deux entrées MPPT sont disponibles : deux chaînes peuvent être raccordées en parallèle sur la première entrée et la troisième chaîne sur la seconde. L'onduleur convertit le courant continu en courant alternatif triphasé. Une batterie raccordée par l'interface de stockage de l'installation reçoit une partie de l'énergie excédentaire et restitue de l'énergie lorsque la production photovoltaïque ne suffit pas.

La structure porteuse doit être contrôlée avant la pose : stabilité, fixation, état des supports et compatibilité des points d'ancrage avec les prescriptions du fabricant. Les cheminements de câbles doivent éviter les arêtes vives, les zones de circulation et les risques de détérioration mécanique. Le schéma ci-dessous est une représentation fonctionnelle non destinée à l'exécution.



DT 1	Plan simplifié de l'ombrière photovoltaïque et chaîne d'énergie	Éch. : schématique	Unité : m

Chaîne fonctionnelle de l'installation

Étape	Équipement	Nature de l'énergie
Captation	Modules photovoltaïques	Rayonnement solaire vers énergie électrique continue
Conversion	Onduleur	Énergie électrique continue vers énergie électrique alternative
Stockage	Batterie et interface de stockage	Énergie électrique vers énergie chimique, puis restitution électrique
Utilisation	Usages du lycée et réseau	Autoconsommation et injection du surplus

DT 2 : FICHES TECHNIQUES ET DONNÉES DE CALCUL ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

Caractéristiques nominales des modules : puissance maximale 430 Wc, tension au point de puissance maximale 32,5 V, courant au point de puissance maximale 13,23 A, tension à vide 39,0 V, courant de court-circuit 13,8 A. Le coefficient de température de la tension à vide est de -0,28 %/°C. Pour une température de cellule inférieure à 25 °C, la tension à vide augmente selon la valeur absolue de ce coefficient.

Onduleur : puissance d'entrée photovoltaïque compatible avec le champ du projet, tension continue maximale 1 000 V, plage MPPT 200 V à 850 V, deux entrées MPPT, courant maximal admissible de 30 A par entrée. Le contrôle du courant d'entrée est réalisé à partir des caractéristiques indiquées et des conditions de raccordement précisées dans le sujet.

Conducteur étudié : cuivre, section 6 mm², longueur aller 35 m, résistivité à retenir $\rho = 0,0225\ \Omega \cdot \mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$. Le facteur de correction de l'ampacité est déjà appliqué : courant admissible résultant 32,8 A. Pour une liaison à deux conducteurs, utiliser $\Delta U = 2\rho L I / S$. La tension de fonctionnement de la chaîne est de 390 V.

Énergie : productible spécifique annuel estimé 1 100 kWh par kWc installé et par an ; ratio de performance global 0,80 ; part de la production annuelle autoconsommée 62 %. Consommation annuelle du lycée 24 000 kWh. Facteur d'émission conventionnel de l'électricité du réseau à utiliser dans cet exercice : 0,052 kg CO_2/kWh.

Stockage : capacité nominale 20 kWh ; profondeur maximale de décharge 90 % ; rendement de charge 95 % ; rendement de décharge 95 %. Pour le calcul demandé, l'énergie de surplus de 14 kWh est disponible avant la conversion de charge et l'énergie restituée est limitée à la fois par les rendements et par la capacité utile de la batterie.

Relations utiles : $P = nP_{module}$, $E_{annuelle} = P_{kWc} \times 1\,100 \times 0,80$, $E_{autoconsommée} = 0,62E_{annuelle}$, $E_{injectée} = E_{annuelle} - E_{autoconsommée}$, $E_{CO_2} = E_{autoconsommée} \times 0,052$, $\eta = P_{utile}/P_{absorbée}$.

Synthèse des caractéristiques électriques

Équipement ou paramètre	Valeur	Unité
Puissance nominale d'un module	430	Wc
Tension au point de puissance maximale	32,5	V
Courant au point de puissance maximale	13,23	A
Tension à vide à 25 °C	39,0	V
Courant de court-circuit	13,8	A
Tension continue maximale de l'onduleur	1 000	V
Plage MPPT	200 à 850	V
Courant maximal par entrée MPPT	30	A

Données de performance et de stockage

Donnée	Valeur
Productible spécifique annuel	1 100 kWh/kWc/an
Ratio de performance	0,80
Part annuelle autoconsommée	62 %
Capacité nominale de la batterie	20 kWh
Profondeur maximale de décharge	90 %
Rendement de charge et de décharge	95 % chacun

DT 3 : PRÉPARATION DU CHANTIER, RÉFÉRENCES TECHNIQUES, PRÉVENTION ET QUANTITATIF

Références à prendre en compte pour la préparation de l'installation : NF C 15-100 pour les installations électriques basse tension, NF EN IEC 62446-1 pour la documentation, les essais de mise en service et l'inspection des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau, et NF EN IEC 62548-1 pour les exigences de conception des champs photovoltaïques. La version applicable, les prescriptions de raccordement et les notices des fabricants doivent être vérifiées par le responsable de l'installation. Les valeurs chiffrées de dimensionnement à appliquer dans cette épreuve sont celles fournies dans DT 2 et dans le cahier des charges.

La préparation du chantier comprend notamment la vérification des supports et de la structure, la maîtrise des accès et du travail en hauteur, la manutention adaptée des modules, l'identification des circuits, la vérification des protections et l'organisation des essais. Les protections collectives sont à privilégier. Les équipements de protection individuelle sont choisis en fonction de l'évaluation des risques et des procédures applicables. Les opérations électriques sont réalisées par des personnes disposant des compétences et habilitations requises pour les tâches confiées.

Pour une intervention électrique, l'installation est séparée des sources concernées et les mesures de mise en sécurité sont appliquées selon les procédures en vigueur : identification,

condamnation lorsqu'elle est requise, vérification d'absence de tension lorsque la situation et le matériel le permettent, puis maintien des conditions de sécurité. Les modules éclairés peuvent produire une tension côté continu même si l'onduleur est arrêté ; l'arrêt de l'onduleur ne suffit donc pas, à lui seul, à garantir l'absence de tension aux bornes du champ.

Prix unitaires HT pour le quantitatif : module photovoltaïque 430 Wc, 118 € par unité ; onduleur triphasé, 2 400 € par unité ; structure d'ombrière, 1 650 € le lot ; batterie, 420 € par kWh installé ; protections et coffrets, 1 250 € le lot ; câble continu solaire, 1,85 € par mètre. Quantités du projet : 36 modules, un onduleur, un lot de structure, 20 kWh de batterie, un lot de protections et 80 m de câble. Les prix n'incluent pas la main-d'œuvre.

Risques et exemples de mesures de prévention

Opération	Risque	Exemples de prévention
Pose sur l'ombrière	Chute de hauteur	Protection collective adaptée, accès sécurisé, balisage et organisation du poste
Raccordement électrique	Électrisation ou arc électrique	Procédure de mise en sécurité, matériel adapté, habilitation requise et vérification des circuits
Manutention des modules	Troubles musculosquelettiques, choc ou coupure	Aide à la manutention, gestes adaptés, zone de circulation dégagée et gants appropriés

Repères de préparation et de contrôle

Étape	Contrôle attendu
Avant montage	État, stabilité et compatibilité des supports et fixations
Avant raccordement	Repérage des chaînes, intégrité des câbles et conformité des protections
Avant mise en service	Essais électriques et vérifications documentées selon les prescriptions applicables

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : Question 3.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau en indiquant pour chaque ligne le calcul du coût HT et le montant obtenu. Calculer ensuite le coût total des équipements.

Quantitatif et coût des équipements

Équipement	Quantité	Prix unitaire HT	Calcul du coût HT	Coût HT
Modules photovoltaïques	36	118 €/unité	.....	.....
Onduleur triphasé	1	2 400 €/unité	.....	.....
Structure d'ombrière	1 lot	1 650 €/lot	.....	.....
Batterie	20 kWh	420 €/kWh	.....	.....
Protections et coffrets	1 lot	1 250 €/lot	.....	.....
Câble continu solaire	80 m	1,85 €/m	.....	.....
Total des équipements	.....	.....	.....	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à rendre avec la copie : Questions 1.3 et 2.1 | **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux avec les relations utilisées, les calculs, les résultats et les unités. Les étapes de calcul doivent permettre de vérifier les résultats.

Bilan énergétique annuel

Grandeur	Relation ou calcul	Résultat	Unité
Puissance installée	.....	.....	kWc
Production annuelle estimée	.....	.....	kWh/an
Énergie autoconsommée	.....	.....	kWh/an
Énergie injectée	.....	.....	kWh/an

Vérification de la tension maximale de chaîne

Grandeur	Relation ou calcul	Résultat	Conclusion
Variation relative de Voc entre 25 °C et -10 °C	.....	.....	.....
Tension à vide maximale d'un module à -10 °C	.....	.....	.....
Tension à vide maximale de 12 modules en série	.....	.....	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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.