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 :
www.formav.co/explorer

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Durée de l'épreuve : **4 heures**

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

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 32 pages numérotées de 1/32 à 32/32.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

❖ **La partie commune comporte 6 parties dont 2 au choix.**

À traiter obligatoirement	**À traiter au choix**
Partie commune : • partie 1 • partie 2 • partie 3 • partie 6	**Partie commune :** • soit la partie 4 • soit la partie 5 **Une seule de ces 2 parties doit être traitée**

❖ **La partie spécifique comporte 4 parties qui sont toutes à traiter obligatoirement.**

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.

PARTIE commune (2,5h) …… 12 points

CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE DE PORETTE DE NÉRONE



- Présentation de l'étude et questionnement..... pages 2 à 11
- Documents techniques DT1 à DT3..... pages 12 à 13
- Documents réponses DR1 à DR7..... pages 14 à 19

MISE EN SITUATION

L'objectif des pouvoirs publics français et de l'Union Européenne est que les énergies renouvelables représentent 40% de l'électricité totale consommée en France à l'horizon 2030 (engagements COP21).



Dans un contexte de raréfaction des hydrocarbures, de lutte contre le changement climatique et des besoins locaux en électricité, la centrale photovoltaïque de Porette de Nérone, située en Corse, s'étale sur 7,8 ha et produit près de 5700 MW·h par an.

De plus, pour tenir les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre, le développement des énergies renouvelables doit être réalisé dans des conditions de haute qualité environnementale. Ainsi, il convient de respecter la biodiversité, le patrimoine, le paysage, la qualité des sols, de l'air et de l'eau et de limiter les conflits d'usage avec les autres activités socio-économiques.

Partie 1 : pourquoi implanter la centrale à Porette de Nérone ?

L'objectif de cette partie est de valider les choix qui ont conduit à l'élaboration de cette centrale photovoltaïque sur le site de Porette de Nérone.

Question 1.1 Mise en situation DT1	À l'aide de la mise en situation et du DT1, **citer** trois éléments qui ont conduit à choisir le site de Porette de Nérone.
Question 1.2	**Justifier** l'utilisation de l'unité « tep » tonne équivalent pétrole dans les études d'installations d'énergies renouvelables. D'après les informations données dans la mise en situation, **calculer** le nombre de tep qui correspondrait à la production annuelle de la centrale sachant que 11,63 MW·h ⇔ 1 tep.

L'éthanol actuel est un biocarburant de 1ère génération avec une productivité annuelle maximale de 2,58 tep par hectare. A un horizon plus éloigné les biocarburants de 2ème génération auront des productivités pouvant atteindre jusqu'à 7,5 tep par hectare.

Question 1.3	**Calculer** l'énergie produite si le site était exclusivement utilisé pour cultiver des biocarburants de 2ème génération. **Exprimer** le résultat en tep par an.

L'électricité produite grâce à la centrale de Porette de Nérone est injectée dans le réseau local de la ville d'Aléria. La consommation moyenne d'un habitant est de 2 300 kW·h par an.

Question 1.4	**Déterminer** le nombre d'habitants que la centrale peut alimenter annuellement. **Comparer** ce résultat avec les 1957 habitants d'Aléria.

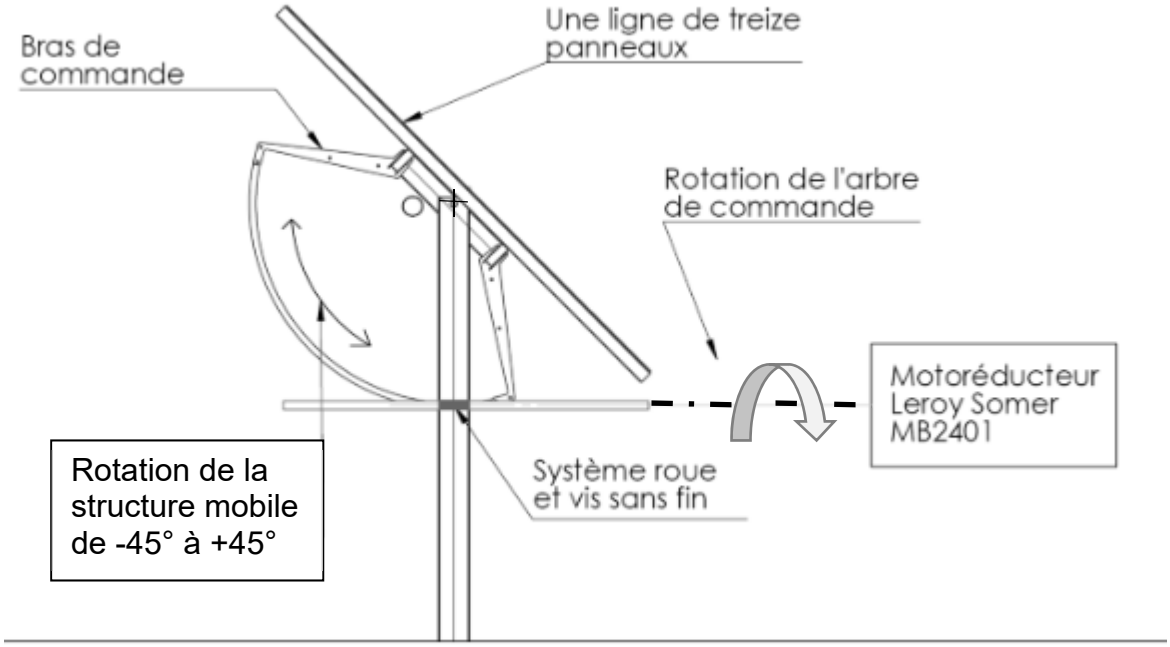
Un accord avec EDF garantit un prix de rachat de l'électricité de 0,15 € par kW·h durant une période minimale de 20 ans. La moyenne annuelle de production s'élève à 5 680 MW·h. Le coût de construction de la centrale est de 11,8 millions d'euros. L'exploitant doit payer à la collectivité une taxe locale de 106 500 euros par an. On cherche à vérifier que l'investissement de construction de la centrale sera bien amorti avant la fin de l'obligation de rachat de l'électricité par EDF.

Question 1.5 DR1	Sur le document DR1 : • **reporter** le coût total de l'investissement ; • **calculer**, sur un an et sur 20 ans, les dépenses et les recettes.
Question 1.6	**Calculer** le gain sur 20 ans et **conclure** sur la rentabilité de la centrale.

Partie 2 : comment optimiser la position des panneaux photovoltaïques ?

Le système de tracking de la centrale de Porette de Nérone est constitué d'une structure fixe liée au sol et d'une structure mobile en liaison pivot avec la structure fixe.

L'utilisation de trackers dans une centrale photovoltaïque permet un gain de production d'énergie d'environ 15 %.



Le système de tracking permet d'orienter tous les panneaux photovoltaïques de manière à les positionner le plus longtemps possible perpendiculairement aux rayons du soleil. La problématique est de trouver la meilleure orientation tout au long de la journée.
Le mouvement est assuré par un motoréducteur Leroy Somer, qui entraîne en rotation l'arbre de commande, et par un système roue et vis sans fin qui provoque la rotation de la structure mobile.

Question 2.1 DR2	Le document DR2 représente l'implantation de deux lignes successives de panneaux solaires. **Tracer** le rayon du soleil passant par le point A à 9 heures du matin.
Question 2.2 DR2	**Représenter** la zone d'ombre produite sur le panneau 2 à 9 heures. **Conclure** sur l'impact de cette zone d'ombre en donnant le pourcentage de la surface éclairée par rapport à la surface totale.
Question 2.3 DR2	Sur le schéma du DR2 représentant le panneau 2 incliné à 45°, **déterminer** l'heure à laquelle l'ombrage disparait de sa surface.

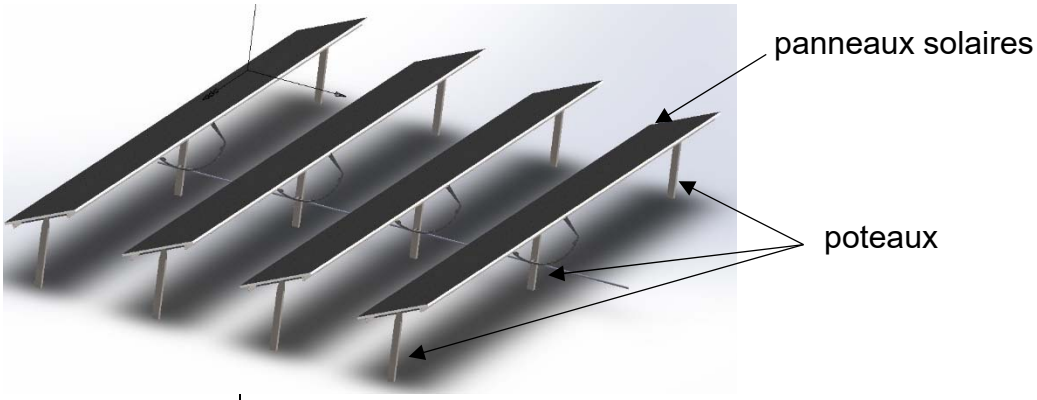
Sur le DR3, plusieurs inclinaisons des panneaux solaires sont proposées en pointillés (de -45° à -10°).

Question 2.4 DR3	**Déterminer,** en traçant le rayon du soleil, l'inclinaison des panneaux photovoltaïques permettant de ne pas avoir d'ombrage à 9h du matin. **Relever** la valeur de l'angle d'inclinaison des panneaux correspondant.

Question 2.5 DR3	**Déterminer** sur quelle période horaire de la matinée le système fonctionne en backtracking (annulation automatique de l'ombrage); **Déterminer** sur quelle période horaire de la matinée le système fonctionne en tracking (positionnement du panneau perpendiculaire au soleil).

Partie 3 : comment répartir les panneaux photovoltaïques sur le terrain ?

Le fabriquant assemble des blocs de 9 lignes de 13 panneaux. Chaque bloc est mis en mouvement par un système de tracking. Ces blocs ont un encombrement au sol de 15 m par 50 m. La surface disponible du terrain est de 78 000 m².



Question 3.1	**Calculer** le nombre de panneaux photovoltaïques par bloc.

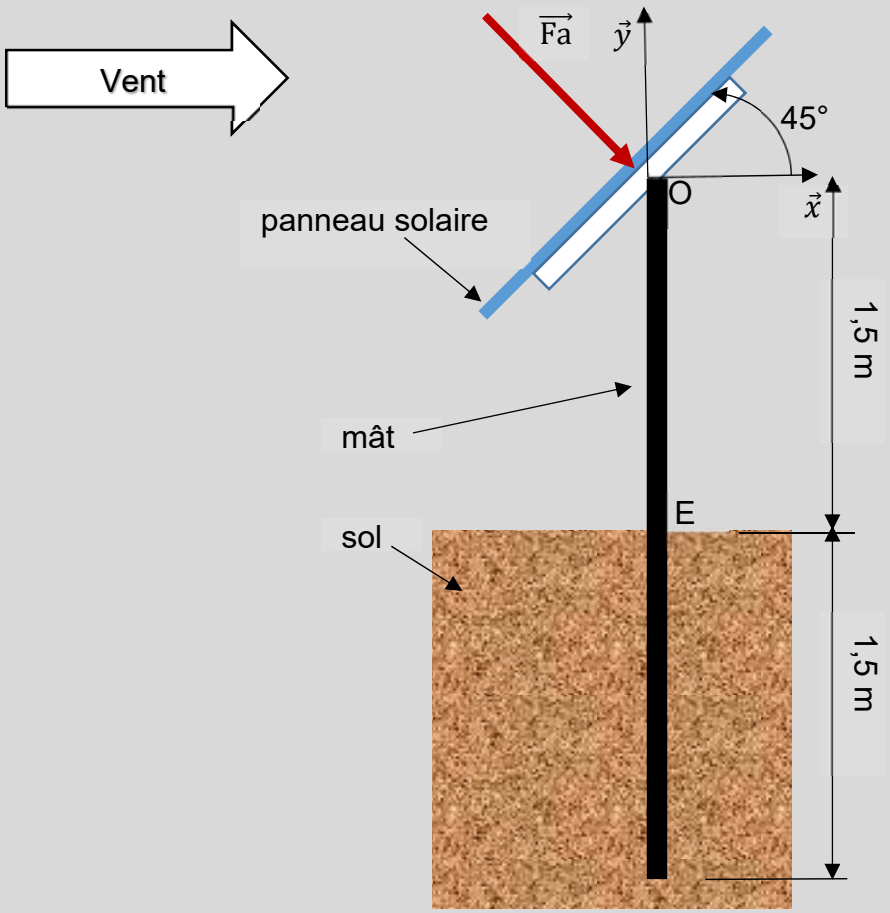
Question 3.2	**Calculer** la surface d'un bloc puis le nombre théorique de blocs qu'il serait possible d'implanter sur le terrain.

Compte tenu de la forme du terrain et pour garder des surfaces de circulation, ce nombre théorique ne peut pas être atteint. La centrale de Porette de Nérone comporte en réalité 101 blocs. Le plan du terrain est donné sur le document réponse DR4. Les blocs sont implantés sur des bandes de 50 m de large. Un premier bloc est positionné pour préciser l'orientation choisie.

Question 3.3 DR4	**Proposer** une implantation des 101 blocs en définissant le nombre de blocs par bande. Le raisonnement peut être mené soit par le calcul, soit graphiquement.
Question 3.4 DT2	**Calculer** le nombre total de panneaux solaires implantés sur le terrain. Le **comparer** au nombre donné dans le diagramme de définition de blocs de la centrale DT2.

Partie 4 : comment assurer l'ancrage des portiques en cas de vent extrême ?

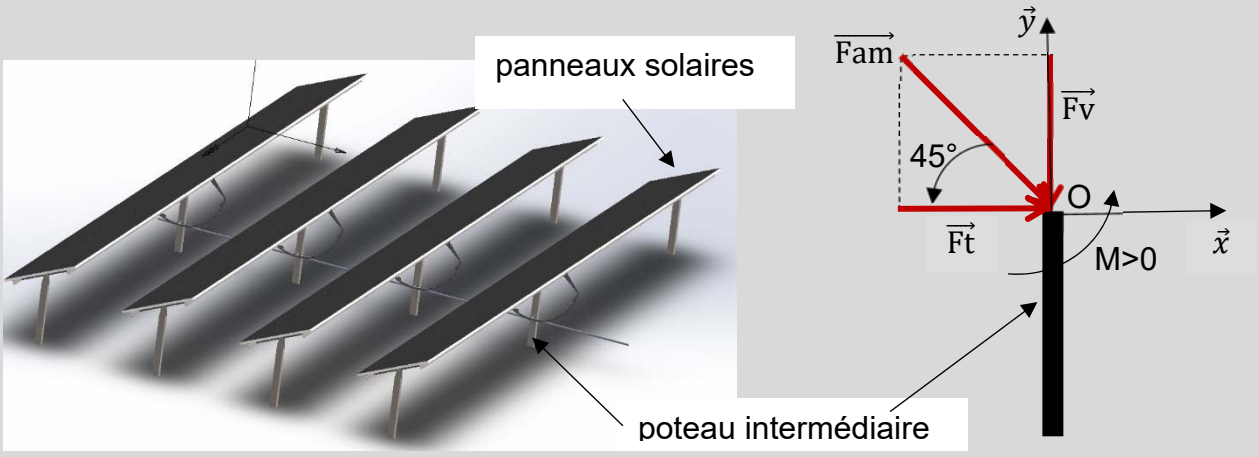
Dans cette partie, on cherche à vérifier que les ancrages des portiques (éléments de structure supportant les panneaux) pourront supporter les conditions de vent extrême. Les panneaux solaires reposent par groupes de 13 sur un portique composé d'une poutre horizontale et de 3 poteaux en profil creux de 3 m de hauteur enfoncés de 1,5 m dans le sol.
Une étude menée à partir de l'Eurocode 1 (règlement européen pour le calcul des structures) montre que chaque panneau solaire peut être soumis à un vent extrême horizontal. Ce vent créé une action dite « aérodynamique » $\overrightarrow{Fa}$ perpendiculaire à chaque panneau, incliné à 45°, d'intensité Fa = 1 kN pour un panneau solaire.



Chaque panneau solaire reprend une action de 1 kN et chaque portique comporte 13 panneaux.

Question 4.1 | **Calculer** l'intensité de la charge totale F_p en kN, due au vent, reprise par un portique.

Chaque portique est supporté par 3 poteaux. Dans le cas extrême, le poteau intermédiaire reprend à lui seul la moitié de la charge totale calculée à la question précédente, notée $\overrightarrow{Fam}$, d'intensité F_{am}, inclinée à 45° par rapport à l'horizontal.



Question 4.2 | **Calculer** $F_{am} = F_p/2$, puis F_t, l'intensité de la résultante horizontale $\overrightarrow{Ft}$ de $\overrightarrow{Fam}$ (projection de $\overrightarrow{Fam}$ sur l'axe $\vec{x}$).

En déduire l'intensité F_v de la résultante verticale $\overrightarrow{Fv}$ de $\overrightarrow{Fam}$ (projection de $\overrightarrow{Fam}$ sur l'axe $\vec{y}$, voir schéma précédent).

Question 4.3 | **Expliquer** comment $\overrightarrow{Fv}$ agit sur le poteau lorsque le vent est face aux panneaux solaires.

En déduire ce qui se passe si le vent souffle par l'arrière, sa composante aérodynamique restant toujours perpendiculaire aux panneaux solaires.

La hauteur du poteau au-dessus du sol entre les points O et E est égale à 1,5 m. Le signe du moment est positif s'il est dans le sens trigonométrique.

Question 4.4	**Calculer** l'intensité M_E du moment $\overrightarrow{\overrightarrow{MFt/E}}$ créé au point E (pied du poteau intermédiaire) par $\overrightarrow{Ft}$. **Indiquer** comment ce moment agit sur l'ancrage du poteau.
Question 4.5	À partir des questions précédentes, **justifier** le choix technologique d'ancrer les poteaux de 1,5 m dans le sol.

Partie 5 : comment mesurer la vitesse du vent pour piloter le tracker ?

La structure de support des panneaux est dimensionnée pour supporter des vents allant jusqu'à 180 km·h^{-1}, mais les panneaux sont mis en sécurité en position horizontale à partir de 90 km·h^{-1}.

Afin de mesurer la vitesse du vent et d'assurer le fonctionnement normal de l'installation, deux stations météos sont installées sur le site. Elles sont équipées de capteurs de température en plus des anémomètres.

Question 5.1 DR5	À l'aide de la courbe caractéristique du DR5, **déterminer** la tension de sortie de l'anémomètre correspondant à un vent de 90 km·h^{-1}.

Afin d'être transmise sur le réseau, l'information sortant du capteur est numérisée par un convertisseur analogique numérique de 8 bits.

La plage de conversion est la suivante : 0000 0000 correspond à une tension de 0 V et 1111 1111 correspond à une tension de 10 V.

Question 5.2	**Déterminer** l'augmentation de tension nécessaire pour obtenir une augmentation de 1 du mot binaire.

La précision exigée du système de mesure est de plus ou moins 3 km·h^{-1}.

Question 5.3	**Vérifier** si ce convertisseur permet d'obtenir la précision exigée.

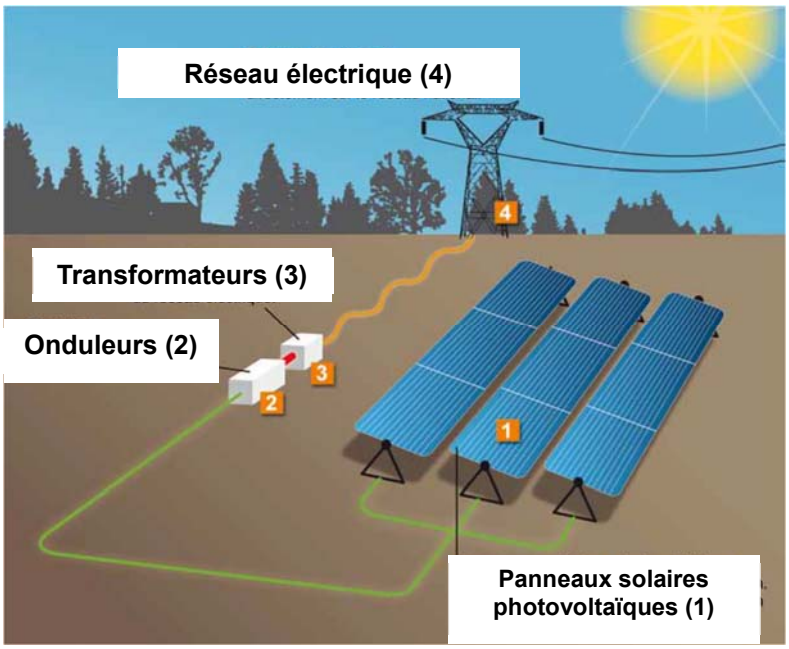
Afin d'être alerté en cas d'anomalie de fonctionnement et de suivre la production d'énergie solaire, le réseau local privé type Ethernet (LAN) est connecté à un autre réseau (WAN).

- Masque réseau local : 255.255.255.0
- IP station météo1 : 192.168.200.201
- IP contrôleur principal : 192.168.200.100

Question 5.4	**Déterminer** combien d'hôtes il est possible d'adresser avec ce masque.
Question 5.5	**Vérifier** si la station météo1 et le contrôleur principal appartiennent au même réseau. **Conclure** quant à leur possibilité de communiquer.

Partie 6 : comment assembler la chaîne de production d'énergie électrique ?

Schéma de principe de la centrale de Porette de Nérone



L'énergie solaire est captée par plusieurs alignements de modules photovoltaïques (1) qui la convertissent en électricité. Cette énergie électrique est modulée grâce à des onduleurs (2). Puis des transformateurs (3) élèvent la tension pour l'injecter sur le réseau (4).

Question 6.1 DT2, DR6	À partir de la présentation et du diagramme de définition des blocs de la centrale DT2, **compléter** le DR6 en indiquant : - le nombre d'éléments constituants la centrale ; - le type de courant électrique (AC ou DC) présent aux différents points de l'installation.
Question 6.2 DT3	À l'aide de la documentation technique DT3, r**elever** les dimensions du module solaire retenu et **calculer** sa surface.

Pour un ensoleillement de 1000 $W \cdot m^{-2}$, et une température de cellule de 25°C, la puissance nominale du module solaire est de 320 W.

Question 6.3 DT3	**Calculer** la puissance solaire reçue P_{RP} par un panneau dans ces conditions. **Calculer** le rendement de ce module photovoltaïque η_{PV}.

Les panneaux solaires peuvent être associés de façon élémentaire comme sur les figures 1 et 2 ci-dessous, la figure 3 représente les associations de panneaux solaires de la centrale étudiée :

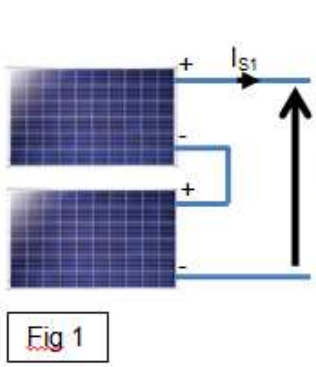


Fig 1

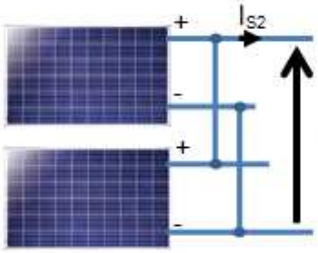


Fig 2

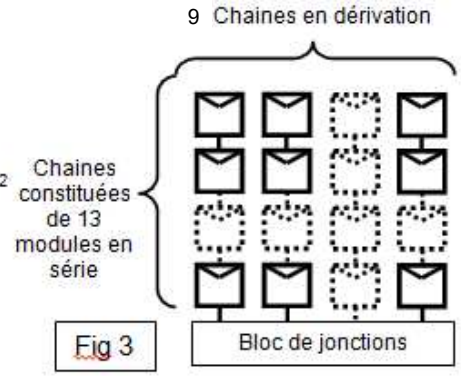


Fig 3

En fonctionnement normal et pour un ensoleillement de 1000 $W \cdot m^{-2}$ la tension d'un module est de 54,7 V et le courant de 5,86 A (voir DT3).

Question 6.4	Pour les figures 1 et 2, **indiquer** le type d'association réalisé entre les panneaux photovoltaïques.

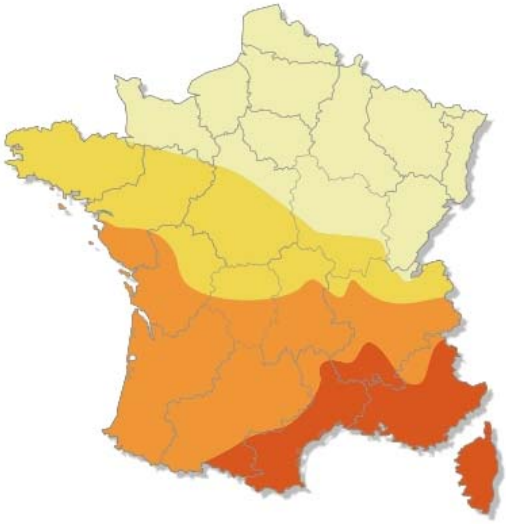
Un bloc est composé de 9 chaînes en parallèle, chaque chaîne étant elle-même composée de 13 modules en série, voir figure 3.

Question 6.5	En **déduire** la tension et le courant sortant du bloc de jonctions.

La centrale comporte 101 blocs de panneaux solaires reliés à 6 onduleurs.

Question 6.6 DR7	En répartissant au mieux la charge sur chaque onduleur, **déterminer** le nombre de blocs à relier à chaque onduleur en complétant le DR7 (le nombre de blocs peut être différent sur chaque ligne d'onduleur).
Question 6.7	**Déterminer** le courant d'entrée sur les onduleurs les plus chargés qu'impose cette répartition et **conclure** sur la puissance nominale d'un onduleur.

DT1: données d'ensoleillement et critères géographiques d'implantation en Corse

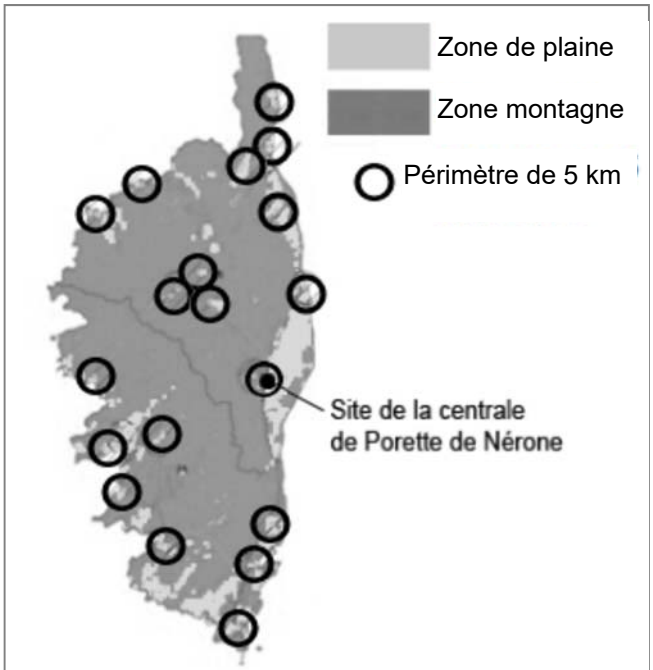


Carte N°1: ensoleillement horizontal en France

Wc : Le watt-crête est une unité représentant la puissance électrique maximale délivrée par une installation électrique solaire pour un ensoleillement standard de 1000W/m² à 25°C.

Dans un climat méditerranéen favorable au photovoltaïque, la durée de vie programmée de la centrale est de 20 ans minimum (la durée de vie des panneaux étant supérieure, l'exploitation de la centrale pourra se poursuivre). Cependant, les espaces laissés libres entre et sous les panneaux restent ouverts au pâturage.

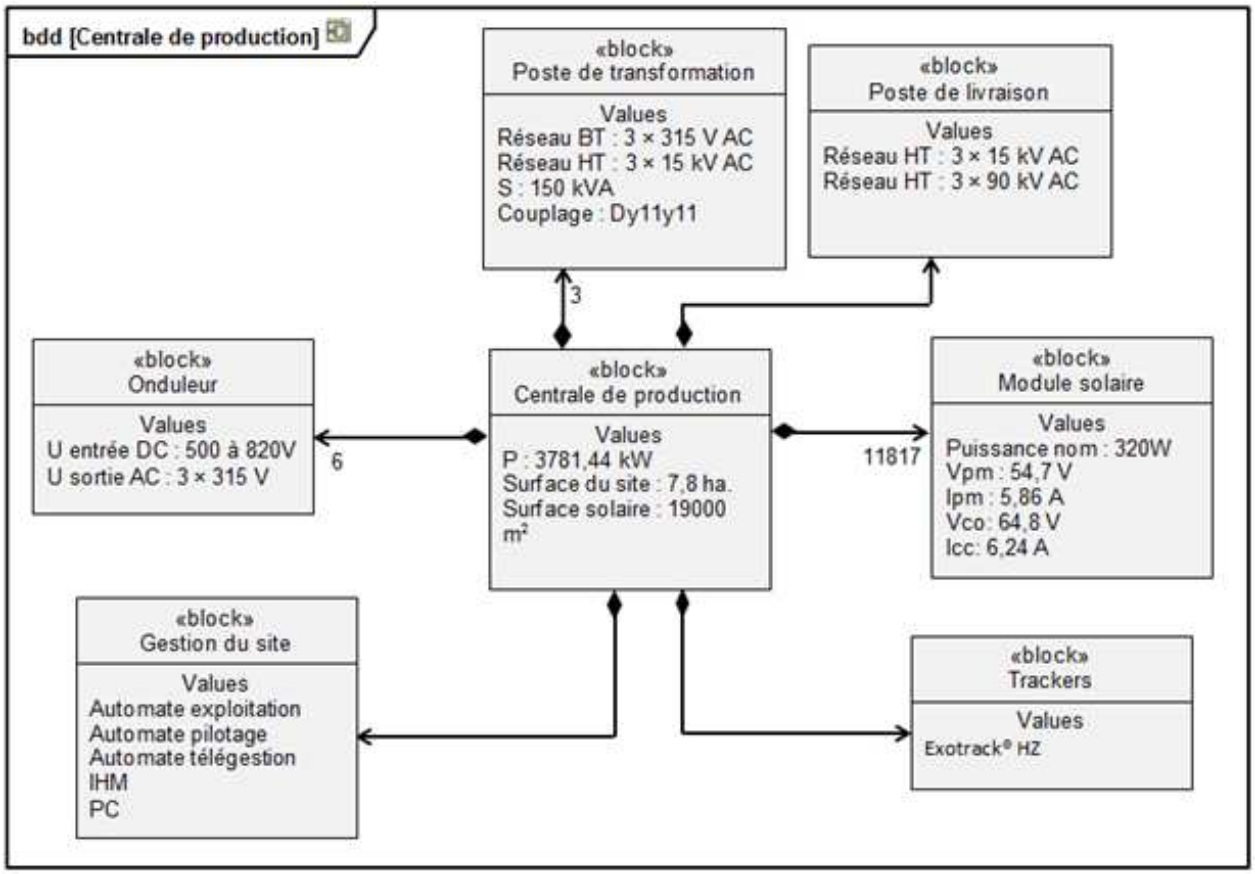
La carte ci-contre montre l'implantation potentielle de parcs photovoltaïques sur l'ensemble de la région Corse. Un certain nombre de critères ont été pris en compte, dont :



Carte N°2 : implantation potentielle

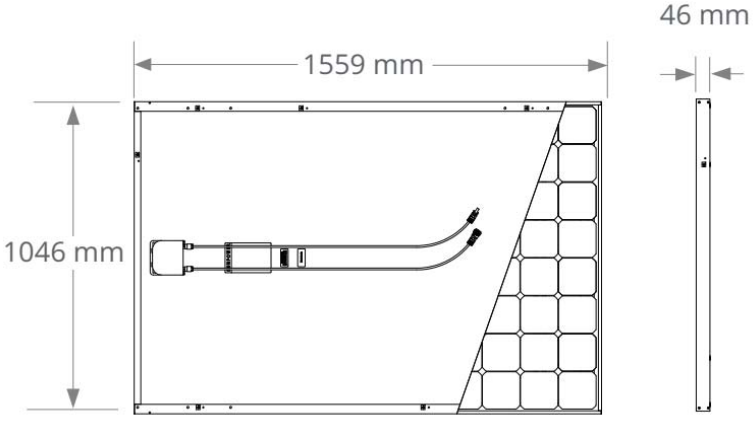
- le faible éloignement des postes source < 5 km. Des cercles de 5 kilomètres de rayon ont été tracés autour de chacun des postes de transformation électriques ;
- l'inclinaison du terrain (Pente < 6°) ;
- les zones protégées (Protection du littoral, …) ;
- les zones ombrées (Azimut 130° – 230°) ;
- les zones urbanisées.

DT2 : diagramme de définition de blocs de la centrale



DT3 : caractéristiques du module solaire SunPower® 320

Caractéristiques électriques (ensoleillement de 1000 W·m^{-2} et température de cellule de 25°C)		
Puissance nominale	P_{nom}	320 W
Rendement	η	19,6 %
Tension à puissance maximale	V_{pm}	54,7 V
Courant à puissance maximale	I_{pm}	5,86 A
Tension en circuit ouvert	V_{co}	64,8 V
Courant de court-circuit	I_{cc}	6,24 A



DOCUMENT RÉPONSE DR1

Question 1.5

	Investissement	Dépenses annuelles	Dépenses sur 20 ans	Recettes annuelles	Recettes sur 20 ans
Construction de la centrale					
Compensation financière liée aux impacts du projet	110 000 €				
Enfouissement de la ligne électrique sur 5 km.	390 000 €				
Taxe locale					
Maintenance		83 500 €			
Rachat EDF					
Total					

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

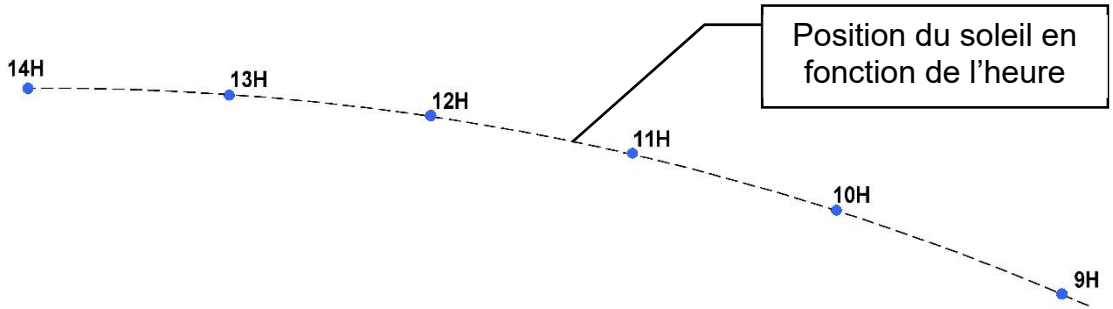
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

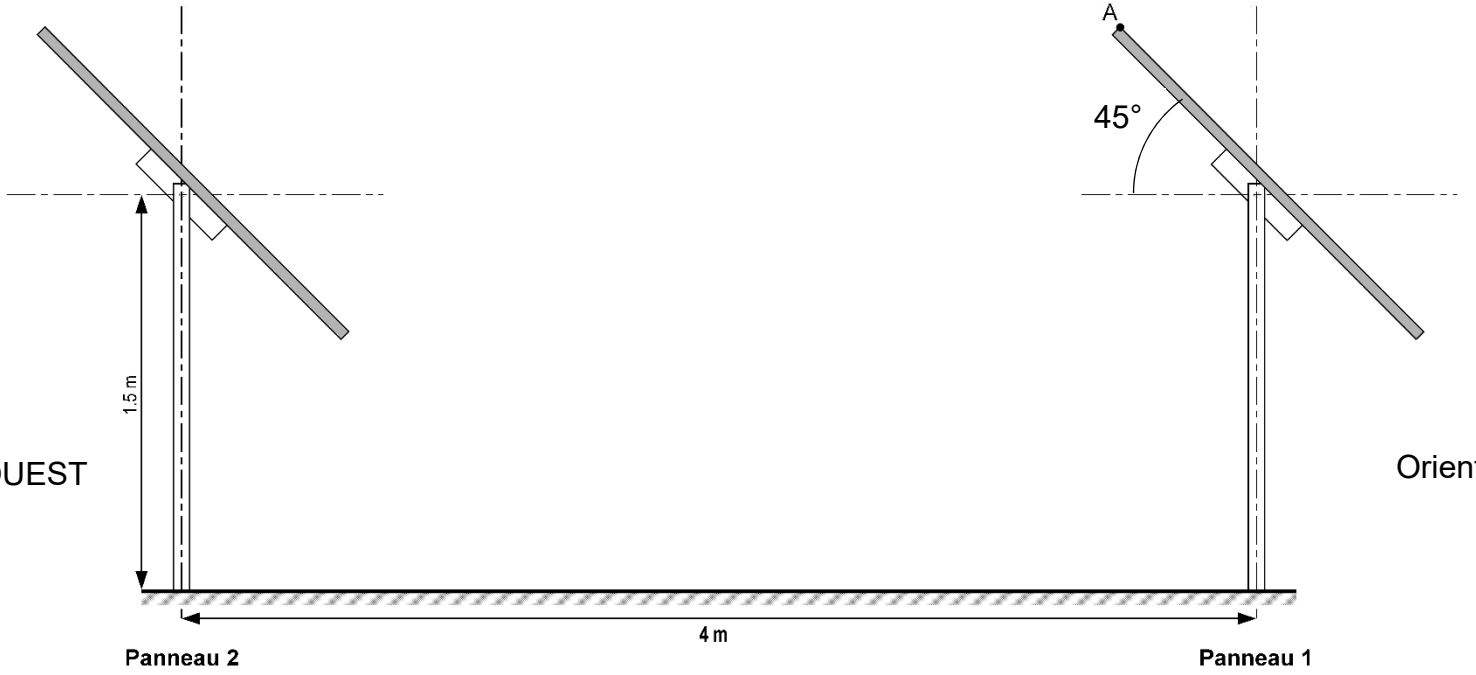
Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR2

Question 2.1 – 2.2 – 2.3





Orientation OUEST

Orientation EST

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

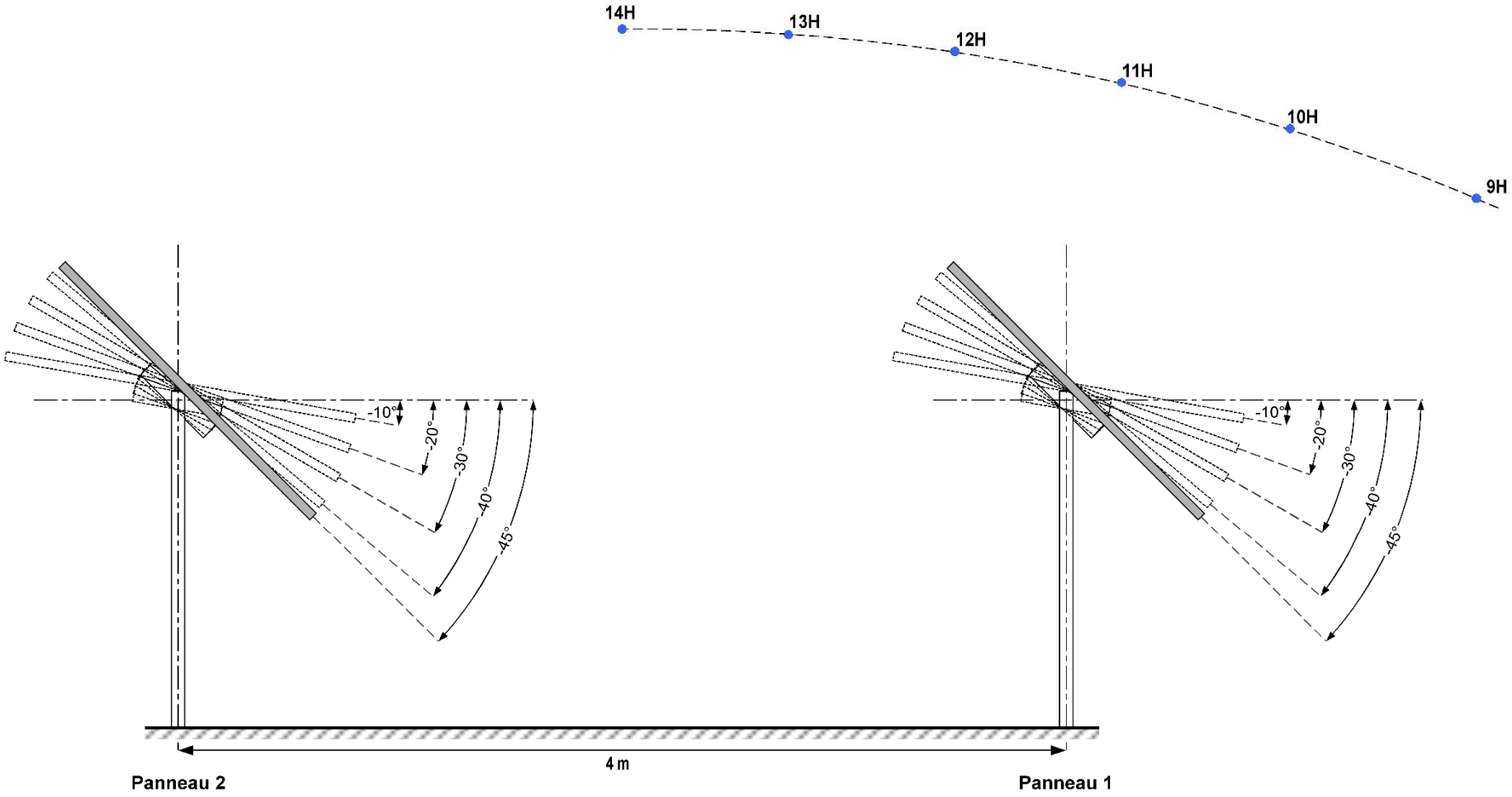
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR3

Question 2.4 – 2.5



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

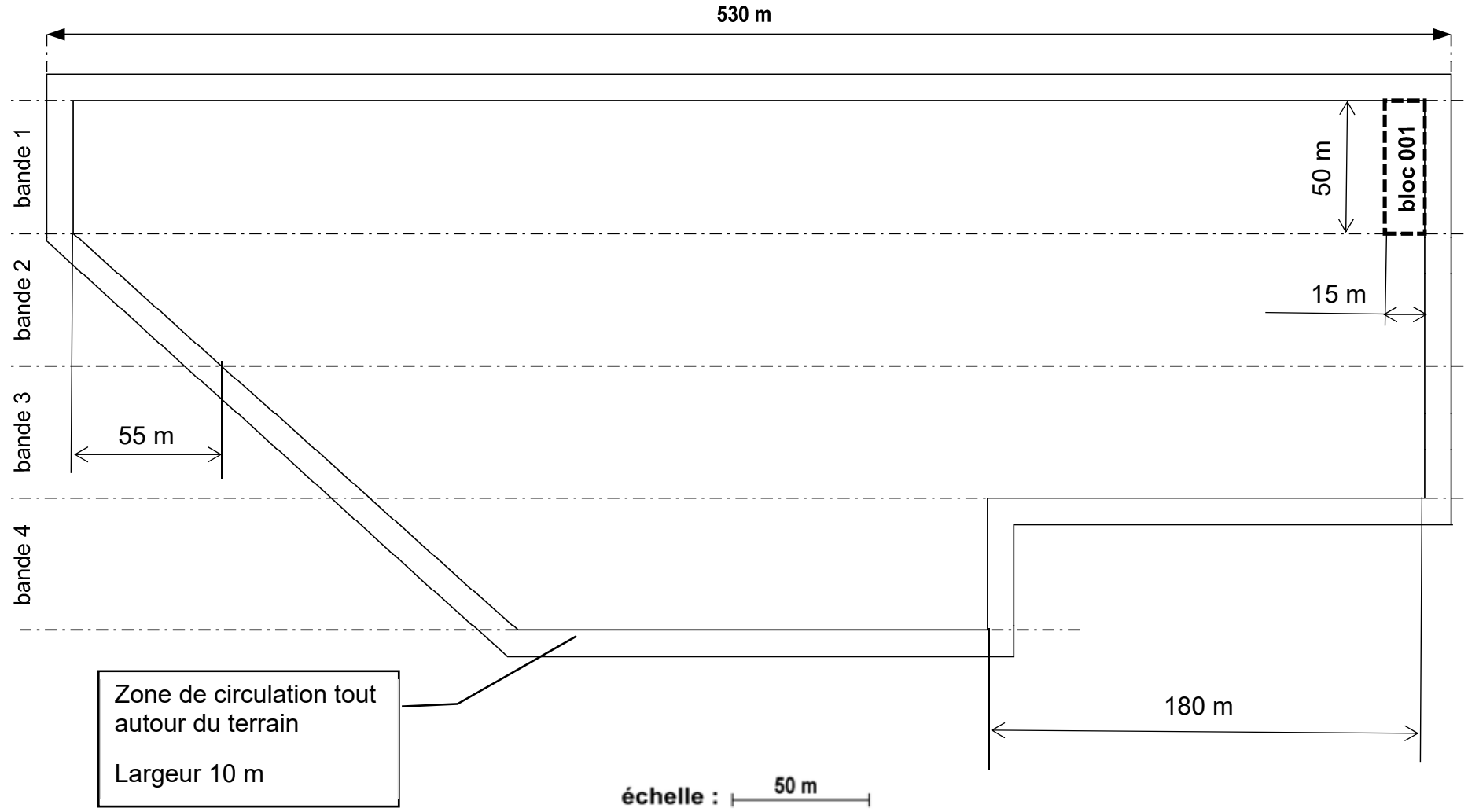
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR4

Question 3.4



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

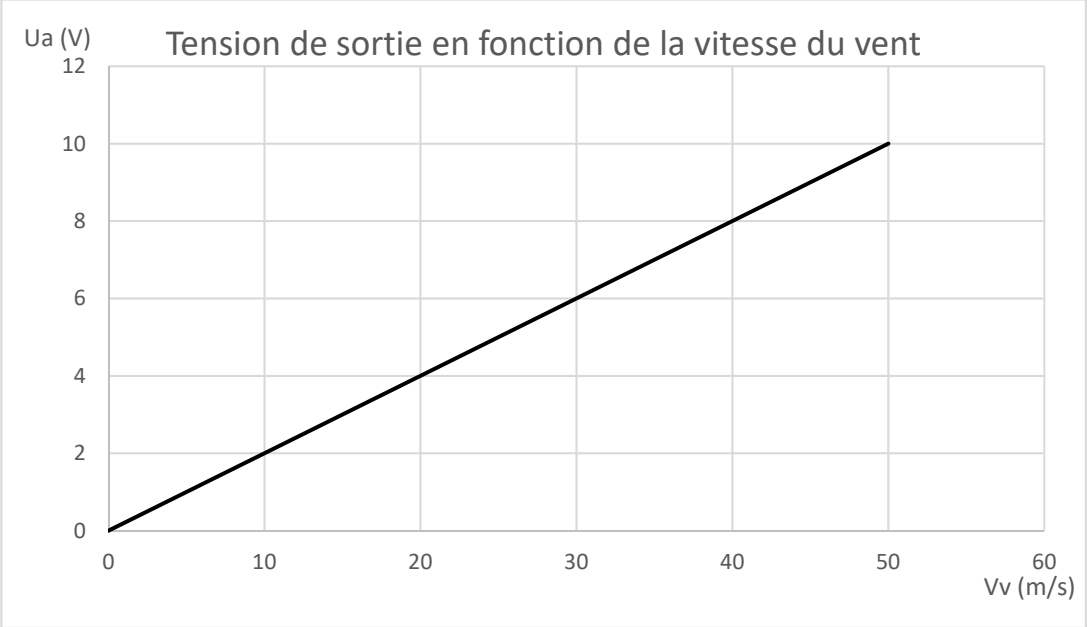
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR5

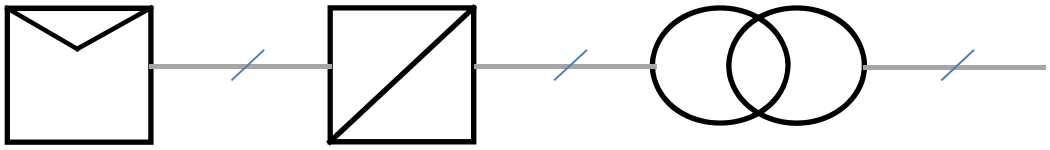
Question 5.1



Courbe caractéristique de l'anémomètre

DOCUMENT RÉPONSE DR6

Question 6.1



	Modules photovoltaïques		**Onduleurs**		**Transformateurs**	
Nombres de composants	.....		.....		.....	
Type de courant électrique	Sortie		Entrée	Sortie	Entrée	Sortie .....

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

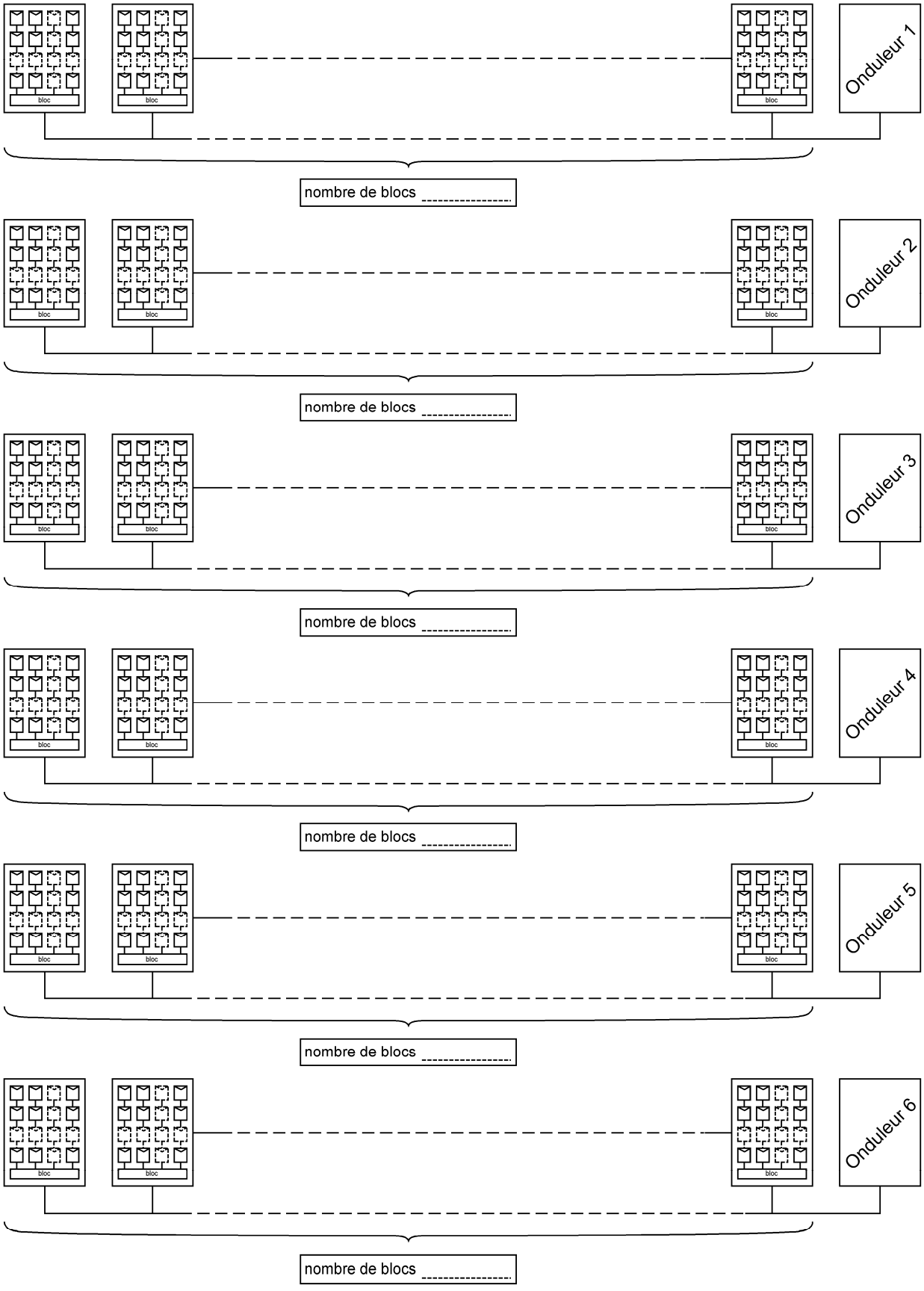
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR7

Question 6.6



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

PARTIE enseignement spécifique (1,5h) ..... 8 points

Architecture et construction

Centrale photovoltaïque de Porette de Nérone

Bâtiment de gardiennage



- **Présentation de l'étude et questionnement**..... pages 21 à 24
- **Documents techniques DTS1 à DTS6** ..... pages 25 à 30
- **Documents réponses DRS1 à DRS2** ..... pages 31 à 32

Partie A : analyse du projet.

Sur le site de cette centrale solaire, se trouve un poste de surveillance dont le rôle est d'accueillir les gardiens et les techniciens intervenant sur les matériels. Ce bâtiment ne sert que de bureau et de lieu de convivialité.

Un plan de structure ainsi que des coupes de principe sont présentés sur le DTS1.

Question A.1 DTS1a DTS1b	Au vu de l'usage du bâtiment et des plans fournis sur le DTS1a et sur le DTS1b, **justifier** le choix de mettre en place un dallage désolidarisé. **Décrire** l'intérêt de ce dallage. **Indiquer** l'impact sur les fondations.

Le détail de la composition de la toiture terrasse se trouve sur le DTS1c.

Question A.2 DTS1c	**Décrire** la fonction de chacune des couches composant cette toiture terrasse.

Partie B : comment limiter les pertes de chaleur dans le poste de surveillance du site ?

L'implantation de ce bâtiment, proche des postes de transformation, a conduit l'équipe en charge du projet à imposer des matériaux de classement au feu de classe B au moins. Le maître d'œuvre souhaite également maintenir un coût de construction raisonnable.

Classes selon NF EN 13501-1	Exigence
A	M0 à M1
B	M1
C	M2
D	M3 à M4 non gouttant
E et F	M4

Le classement :

M0 Incombustible
M1 Combustible, ininflammable
M2 Difficilement inflammable
M3 Moyennement inflammable
M4 Facilement inflammable

Figure 1 : catégories du classement au feu des matériaux

L'étude suivante porte sur l'isolation thermique de ce bâtiment.

Question B.1 DTS2	**Choisir** les matériaux répondant aux critères de classement au feu, parmi les différents types d'isolants présentés sur le DTS2.

Question B.2 DTS2	**Citer** deux raisons permettant de choisir la laine de verre plutôt que le PSE ou que la laine de roche, à partir des critères environnementaux et de l'efficacité thermique donnés sur le DTS2.

Question B.3 DTS2 DTS3 DRS1	**Relever** la valeur R pour une épaisseur de laine de verre de 17 cm dans le tableau du DTS2 et la **reporter** dans le tableau réponse DRS1, ligne isolant. **Calculer** la valeur précise de R à partir des formules du DTS3.

Question B.4 DTS3 DRS1	**Compléter** les cases non grisées sur le tableau du DRS1. **Calculer** la résistance thermique totale du mur. **En déduire** le coefficient de transmission thermique surfacique des parois verticales U_{PV} et **préciser** son unité.

Question B.5	**Conclure** quant au moyen mis en œuvre pour éviter des déperditions thermiques trop importantes.

Partie C : comment protéger les parois intérieures de la condensation ?

Pour cette partie, on considérera un coefficient de transmission thermique surfacique : $U_{PV} = 0.2\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

La température extérieure de base (température minimale) du site de Porette de Nérone (altitude entre 70 et 80 m) est de -2°C. Pour le confort des travailleurs, on souhaite maintenir la température à l'intérieur du poste de transformation à 20°C. L'humidité relative intérieure sera prise égale à HR = 60%.

Le local est simplement maintenu hors gel hors période de présence humaine.

Question C.1 DRS1	**Définir** un pont thermique. **Représenter** ce pont thermique à la jonction entre les murs et la toiture, sur la coupe de principe du DRS1.

Question C.2 DTS3	En considérant un flux thermique surfacique $\varphi = 4{,}5\ W \cdot m^{-2}$ à travers un mur vertical, **calculer** la température de surface du mur côté intérieur $T_{paroi\text{-}int}$. **Expliquer** la différence avec la température de l'air intérieur.

Question C.3 DTS4 DRS2	À partir du DTS4, **placer** le point correspondant aux conditions intérieures (20°C, 60% HR en période d'occupation) sur le diagramme de Mollier du DRS2. **Indiquer** la température limite de la paroi avant condensation. **Faire apparaître** clairement le tracé sur le DRS2.

Les périodes d'inoccupation étant réduites pour éviter de laisser le site sans surveillance, la consigne de température hors gel est fixée à 14°C.

Question C.4 | **Conclure** quant au risque de condensation sur les parois intérieures.

Partie D : comment s'assurer que le sol supporte le bâtiment ?

Pour toute cette partie, on négligera l'isolant et le doublage. L'épaisseur des parois de béton est égale à 200 mm.

Le poste de surveillance repose sur des fondations superficielles de type semelles filantes.

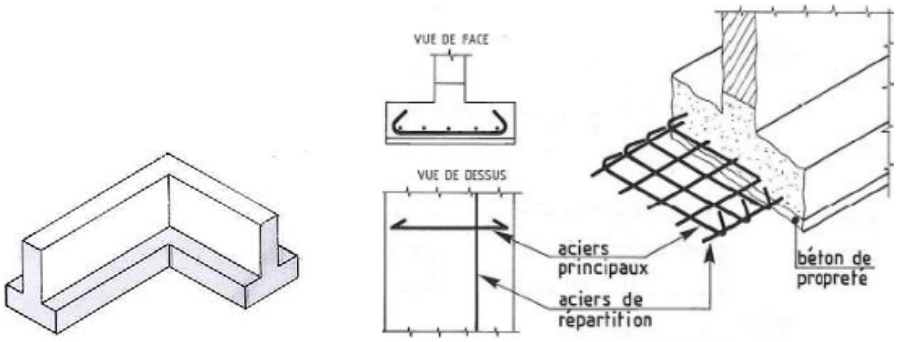


Figure 2 : semelles filantes

Question D.1 | À partir des plans du DTS1c :

DTS1c

- **calculer** la surface de la toiture terrasse (faces intérieures des murs) ;
- **en déduire** le volume de béton constituant la toiture terrasse.

Le poids surfacique du complexe d'étanchéité de la toiture terrasse (au-dessus de la dalle béton) est de 0,9 $kN \cdot m^{-2}$. Le poids volumique du béton armé est $\gamma = 25\ kN \cdot m^{-3}$.

Question D.2 |

- **Calculer** le poids du béton P_B de cette toiture.
- **Calculer** le poids total G_{TT} de cette toiture en prenant en compte le poids du béton et du complexe d'étanchéité.

Le dimensionnement de la semelle filante se fait sur un mètre linéaire sous la zone la plus sollicitée (voir plan de la toiture terrasse DTS1c).

Question D.3 DTS1c	**Calculer** la surface de toiture reprise par un mètre linéaire de semelle filante. **En déduire** la charge permanent g_{TT} en [kN·m^{-1}] provenant du complexe toiture terrasse.

Le bâtiment se situe en Corse, à une altitude de 73 m.

Lors du calcul des charges climatiques, seules les charges de neige seront prises en compte.

Question D.4 DTS5	**Calculer** la charge de neige S en [kN·m^{-2}] sur la toiture du bâtiment en appliquant la méthode des Eurocodes rappelée sur le DTS5.

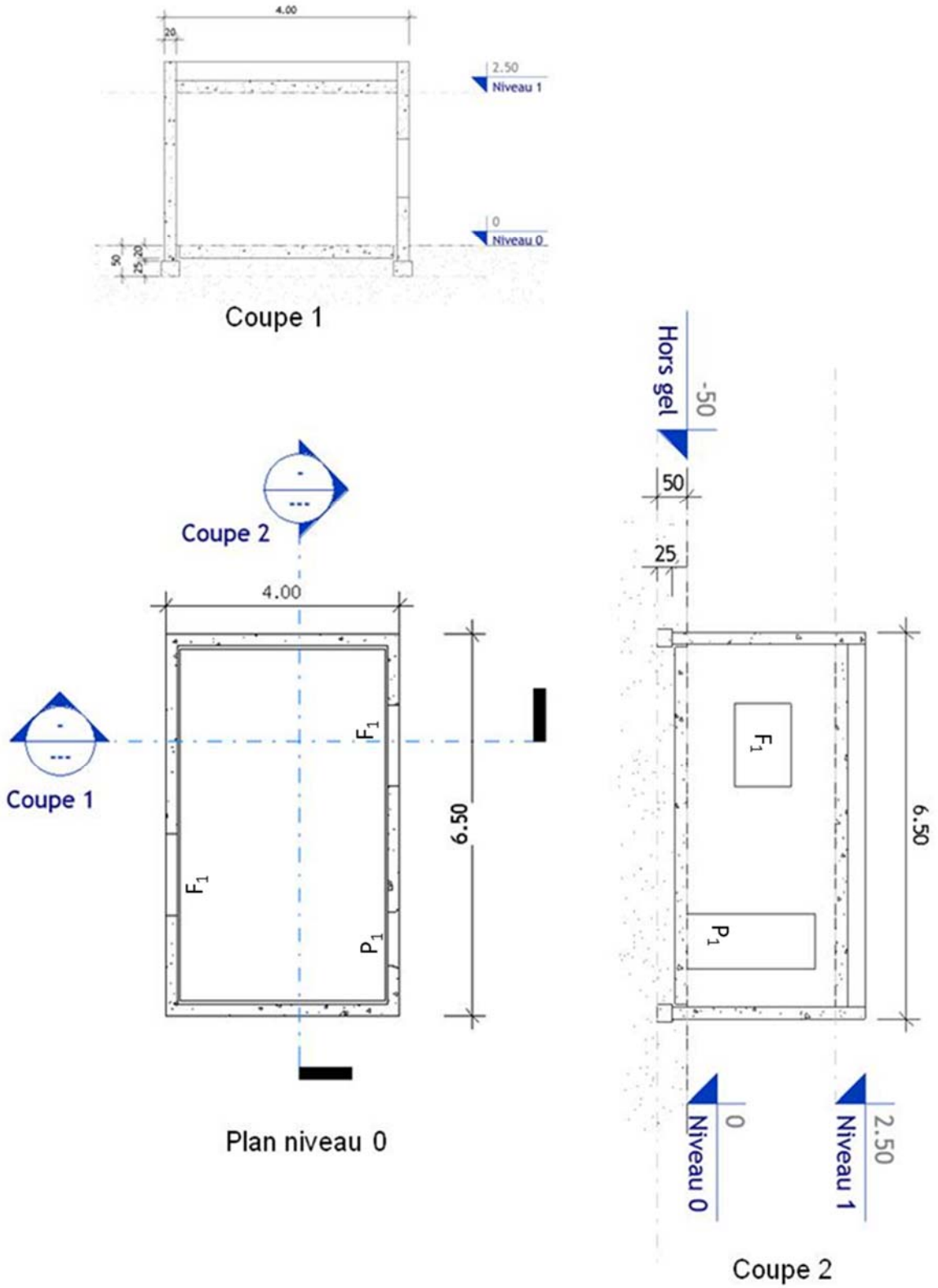
Pour la suite, on considérera que les semelles de fondation reprennent globalement une charge linéaire p_{ELU} = 30 kN·m^{-1} aux ELU (États Limites Ultimes). Cette valeur prend en compte l'ensemble des charges. La contrainte maximale admissible pour le sol sous le bâtiment est σ_{adm} = 0,1 MPa.

Question D.5	**Calculer** la largeur minimale de la semelle en fonction de p_{ELU} et de σ_{adm}.

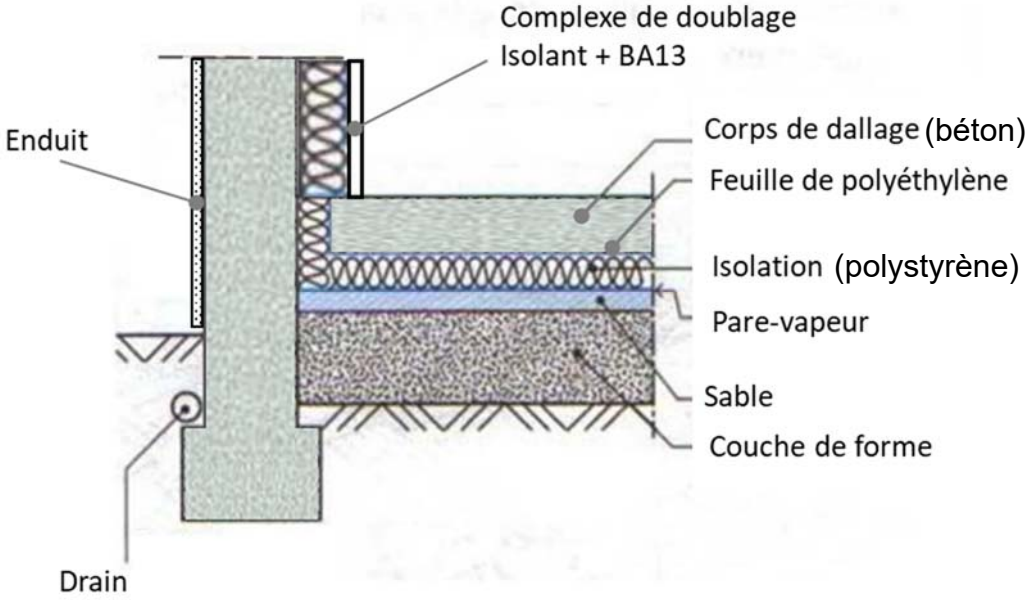
Les semelles coulées pour soutenir le bâtiment ont en réalité une largeur de 35 cm pour une hauteur de 25 cm (largeur du godet de la pelle).

Question D.6	**Justifier**, sans calcul, ce surdimensionnement.

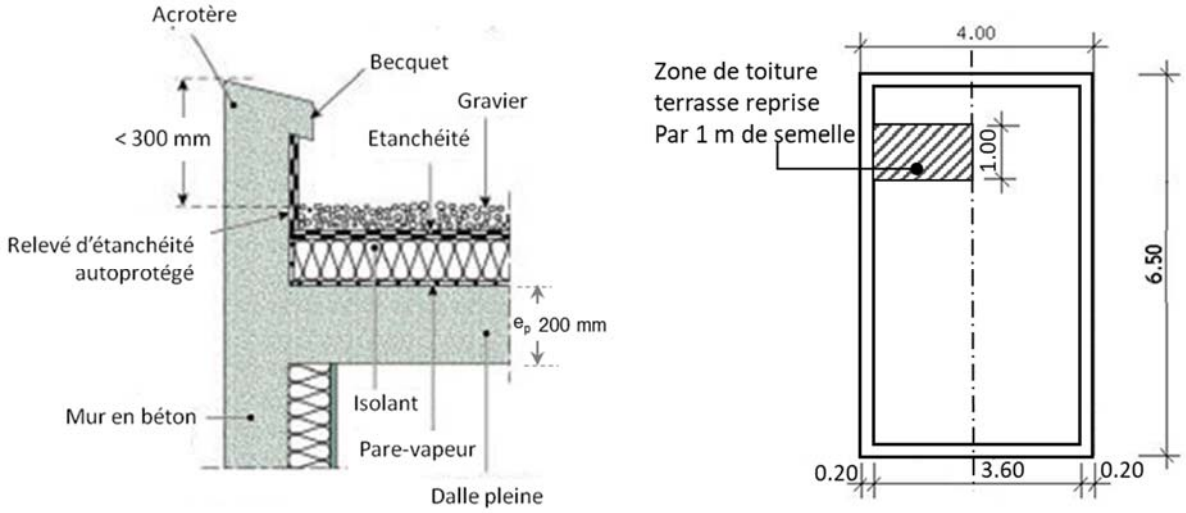
DTS1 : plan et vues du bâtiment



DTS1a : plan de structure et coupes du bâtiment



DTS1b : coupe de principe sur les fondations



DTS1c : coupe de principe sur la toiture terrasse et zone reprise

DTS2 : comparatif des caractéristiques des isolants

Comparatif global			Caractéristiques isolantes			Caractéristiques techniques				Bilan environnemental	
Types isolants			λ [W.m-1.K-1]	Épaisseur [cm] pour R = 5 *	Prix TTC [€] pour R = 5 *	Capacité hygroscopique	Résistance à la vapeur d'eau	Classement au feu	Temps de déphasage [h] pour 20 cm	Énergie primaire	Effet de serre
Origine	Isolant	Conditionnement									
Isolants synthétiques	Polystyrène expansé PSE	Panneaux	0,037 à 0,040	18 à 20	15 à 20	Non	30 à 100	B	6	☹	☹
Laines minérales	Laine de verre	Rouleaux	0,035	17	6 à 16	Non	1	A à B	6	😐	☹
	Laine de roche HD	Panneaux	0,040	20	6 à 10	Non	1	A à B	6	☹	☹
Isolant d'origine végétale	Fibre de bois	Panneaux souples	0,038 à 0,040	19 à 20	24 à 38	Non	1 à 2	E	7,5	☹	☹
		Panneaux denses	0,037 à 0,046	13 à 23	36 à 75	Non	3 à 8	E	15	☹	☹

* R : résistance thermique en $m^2.K.W^{-1}$

DTS2 : comparatif des caractéristiques de quelques isolants

DTS3 : formulaire de thermique

Résistance thermique :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Avec :

- R : résistance thermique [m²·K·W^{-1}]
- e : épaisseur [m]
- λ : conductivité thermique [W·m^{-1}·K^{-1}]

Résistance thermique totale :

$$R_T = R_{si} + R_{se} + \sum\left(\frac{e}{\lambda}\right) + \sum(R)$$

	Paroi en contact avec l'extérieur	
Sens du flux	Rsi	Rse
Horizontal	0.13	0.04
Ascendant	0.10	0.04
Descendant	0.17	0.04

Avec :

- R_T : résistance thermique totale de la paroi [m²·K·W^{-1}]
- R_{SI} : résistance thermique superficielle d'échange intérieur [m²·K·W^{-1}]
- R_{SE} : résistance thermique superficielle d'échange extérieur [m²·K·W^{-1}]
- R : résistance thermique d'un élément [m²·K·W^{-1}]
- e : épaisseur [m]
- λ : conductivité thermique [W·m^{-1}·K^{-1}]

Coefficient de transmission thermique :

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Avec :

- U : coefficient de transmission thermique [W·m^{-2}·K^{-1}]
- R_T : résistance thermique totale de la paroi [m²·K·W^{-1}]

Flux de chaleur :

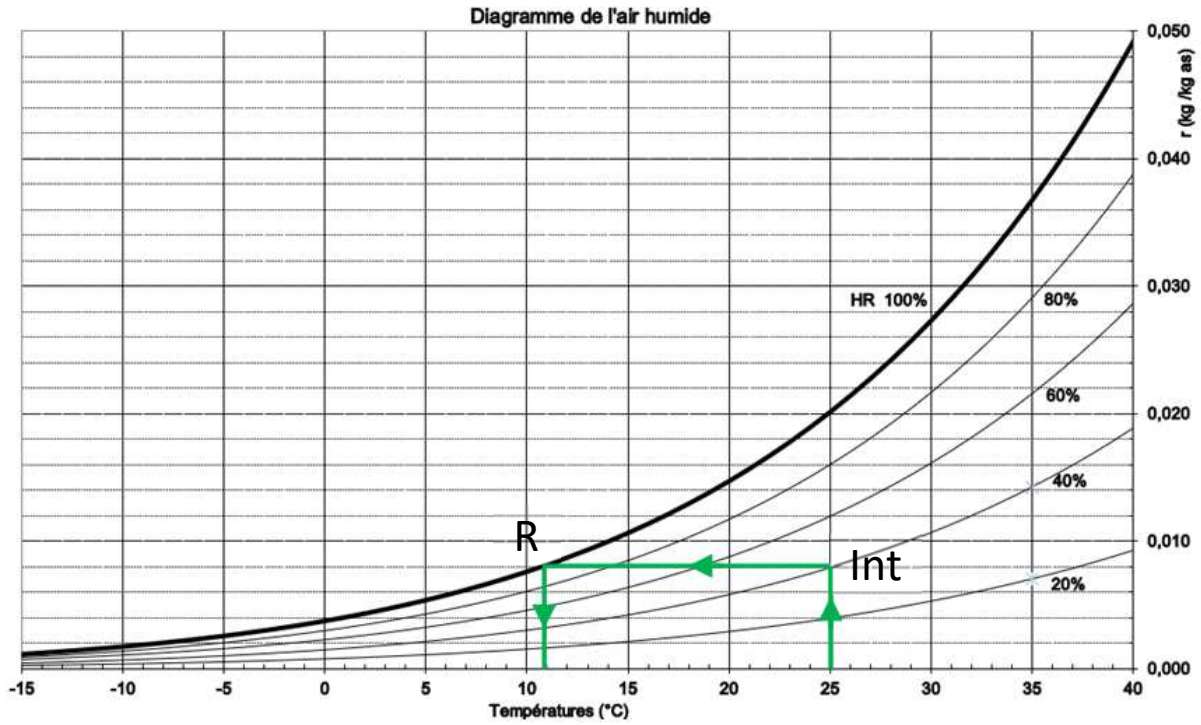
$$\phi = U \cdot S \cdot \Delta T$$

Avec :

- Φ : flux de chaleur [W]
- U : coefficient de transmission thermique [W.m^{-2}.K^{-1}]
- S : surface de l'échange [m²]
- ΔT : différence de température [K]

$$\Delta T = T_{intérieure} - T_{extérieure}$$

DTS4 : utilisation du diagramme de Mollier



DTS3 : diagramme de Mollier

Exemple : point de rosée avec air à 25℃ et 40% d'humidité

Pour des conditions intérieures T = 25°C et HR = 40 %, on place le point correspondant (Int) sur le diagramme.

On trace l'horizontale qui rejoint la courbe de saturation (HR = 100%) pour trouver le point de rosée (R).

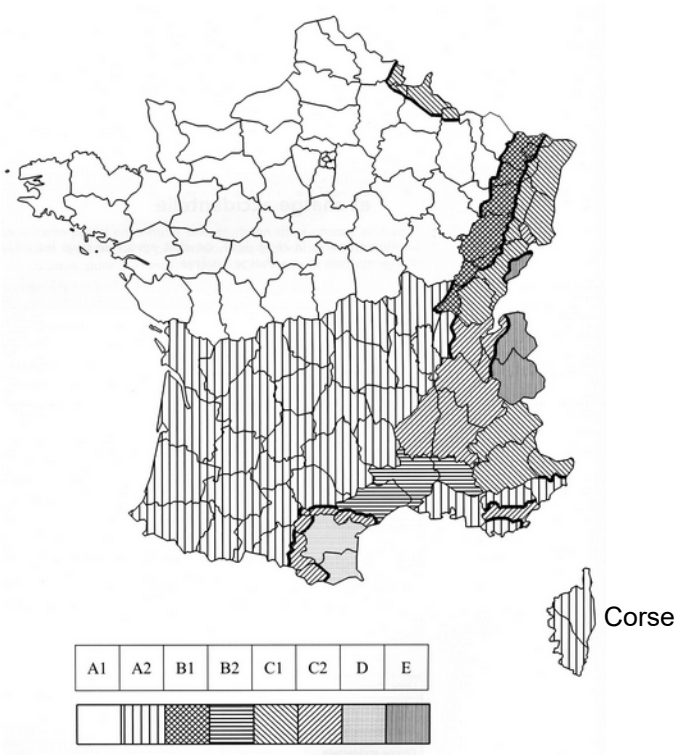
On lit la température de ce point de rosée sur l'axe des abscisses. Cette température correspondant à la température en-dessous de laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air intérieur commence à condenser : ici $T_{rosée}$ = 11 °C.

DTS5 : Eurocode 1 – Charges de neige

Les charges de neige (notées S) sur les toitures peuvent être déterminées par la formule simplifiée suivante :

$$S = S_k \times \mu_1 \text{ en } [kN \cdot m^{-2}]$$

Carte de neige



Valeur caractéristique de la charge de neige sur le sol : S_k

Régions	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique ($S_{k,0}$) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m (en $kN \cdot m^{-2}$).	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40

Coefficient de forme pour la charge de neige : μ_1 pour les toitures à un versant

α (angle du toit avec l'horizontale)	$0° \leq \alpha \leq 30°$	$30° < \alpha < 60°$	$\alpha \geq 60°$
μ_1	0,8	$0,8\,(60 - \alpha)/30$	0,0

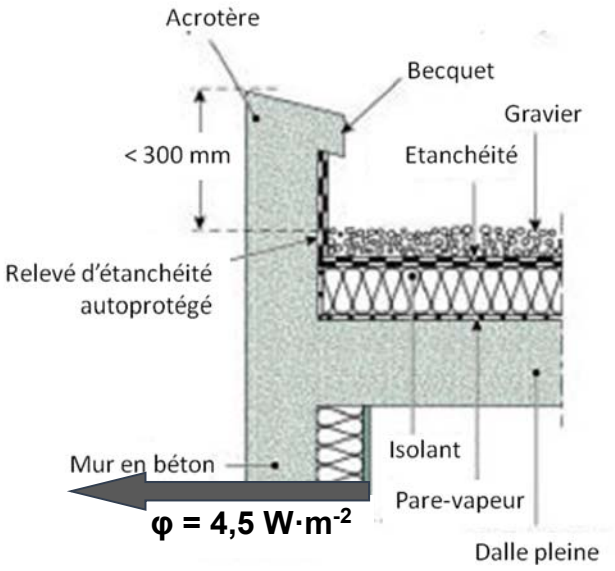
DOCUMENT RÉPONSES DRS1 (questions B.3 – B.4 et C.2)

Notes :

- **arrondir** à 10^{-2}
- les cases grisées ne sont pas à compléter

	e [m]	**λ** [W·m^{-1}·K^{-1}]	**R** [m²·K·W^{-1}]
R_{se}			
Enduit	0,01	0,87	0,01
Béton armé	0,2	1,65	0,12
Isolant			
Revêtement ignifugé FERMACELL	0,02	0,32	0,06
R_{si}			
Résistance thermique de la paroi			
U_{pv} =			

Tableau 1 : transferts thermiques par la paroi verticale étudiée



Coupe de principe de la toiture terrasse : flux thermique

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

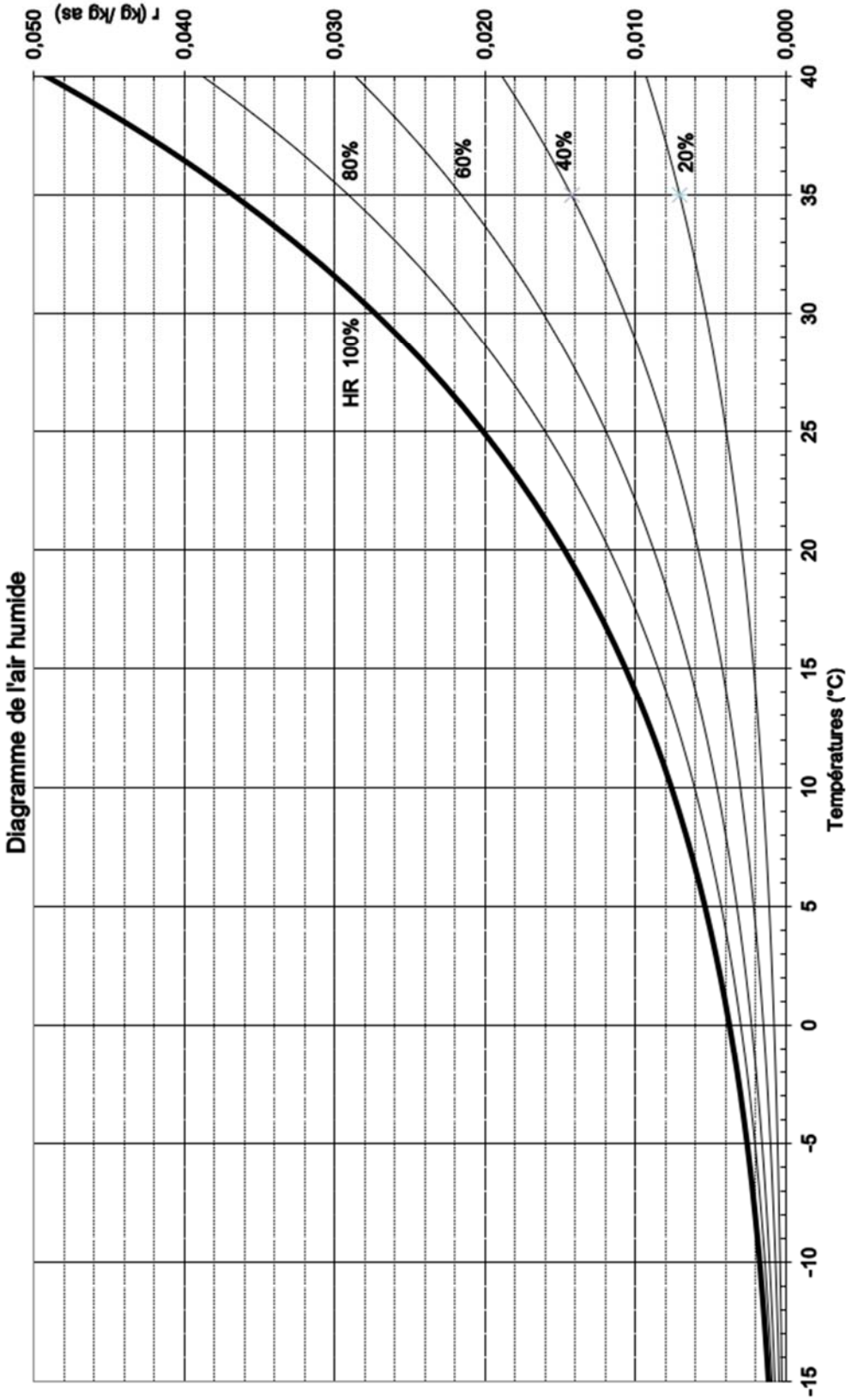
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSES DRS2 (question C.5)



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.