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 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

Durée de l'épreuve : **4 heures**

CORRECTION

PARTIE commune (2,5h) ..... 12 points

Parc photovoltaïque flottant



Travail demandé

Partie 1 : Le parc photovoltaïque flottant permet-il de réduire l'impact environnemental ?

Question 1.1
DT1

Charbon Fioul Gaz

Question 1.2
DT1,
DR1

Voir DR1

Masse = 572,2 Tonnes de CO2

Document réponses DR1 Émissions annuelles de CO2

P : Production électrique annuelle du parc en MWh	Filière qui produit du CO_2	Proportion de production d'électricité de la filière en %	W : Energie électrique produite par la filière en MWh/an	M : Émission annuelle de CO_2 par filière en tonnes de CO_2 eq
15 450 MWh	Gaz	6,3 %	W = 0,063 x P W = 973,35 MWh/an	M = 0,429 x 973,35 ME = 417,56 Tonnes de CO_2 eq / MWh
	Charbon	0,7%	0,007x15 450 = 108,15	M = 0,986 x 108,15 = 106,64
	Fioul	0,4%	0,004x15 450 = 61,80	M = 0,777 x 61,80 = 48,00
Masse totale de CO_2 engendrée par les filières carbonées en tonnes de CO_2 eq :				417,56 + 106,64 + 48,00 = 572,20

Question 1.3
DT3

Surface station = 12 ha
Surface plan d'eau = 27,6 ha
12/27,6 = 0,43 soit 43% de la surface est recouverte
Occupe moins de 50% de la surface donc l'exigence est respectée.

Question 1.4
DT2,
DR2

Voir DR2

Surface épargnée = 16,56 ha

Document réponses DR2 Impact sur les surfaces cultivables

	Parc photovoltaïque au sol de Cintegabelle	Parc photovoltaïque flottant de Saint-Elix
Surface occupée par le parc (ha)	7,19 ha	12 ha
Production annuelle du parc (MWh)	6 700	15 450

Surface de terres cultivables utilisées pour produire de 15450 MWh (ha)	7,19 x 15 450/6 700 = 16,58 ha	0 ha

Question 1.5

DR3

Sur DR3, **noter** pour chaque critère dans cases grisées (favorable +, nuisible – ou neutre 0) et **écrire** le commentaire pour le critère « occupation des surfaces cultivables » en fonction des résultats de la question 1.4.

Voir DR3

Déterminer le parc le moins impactant. **Justifier**

Le parc le moins impactant est le parc flottant car

- L'eau rafraichit les panneaux et augmente la production d'électricité
- Moins d'impact sur les terres cultivables
- Moins d'impact visuel

Document réponses DR3 Critères d'évaluation

Critères	Parc photovoltaïque flottant	Parc au sol	Commentaires
Influence de la température ambiante sur la production	**+**	**-**	L'eau permet une diminution des températures de fonctionnement, ceci permet un gain de production pour les parcs installés sur l'eau.
Occupation des surfaces cultivables	**+**	**-**	Un parc photovoltaïque installé sur un plan d'eau utilise très peu de surfaces cultivables contrairement au parc au sol.
Impact sur la faune et la flore	**0**	**0**	Quelle que soit le parc, flottant ou au sol, les nuisances apportées à la faune et à la flore sont limitées. Des mesures compensatoires aux quelques impacts générés sont imposés aux abords des installations (mise en place de nichoirs, plantation de haies).
Impact visuel	+	-	Le parc flottant ne doit pas dépasser la surface de l'eau de plus de 44 cm, ceci lui permet d'être discret et peu visible. Le parc au sol est visible car les panneaux sont inclinés à 30° et plus grands que ceux utilisés pour les parcs flottants. L'impact visuel est important.
Maintenance de l'installation	**-**	**+**	La maintenance d'un parc au sol est facile à réaliser car l'accès au parc est peu contraint. Pour les parcs flottants, l'accès au système se fait sur des passerelles flottantes et en milieu humide, ceci complique les opérations de maintenance.

Question 1.6

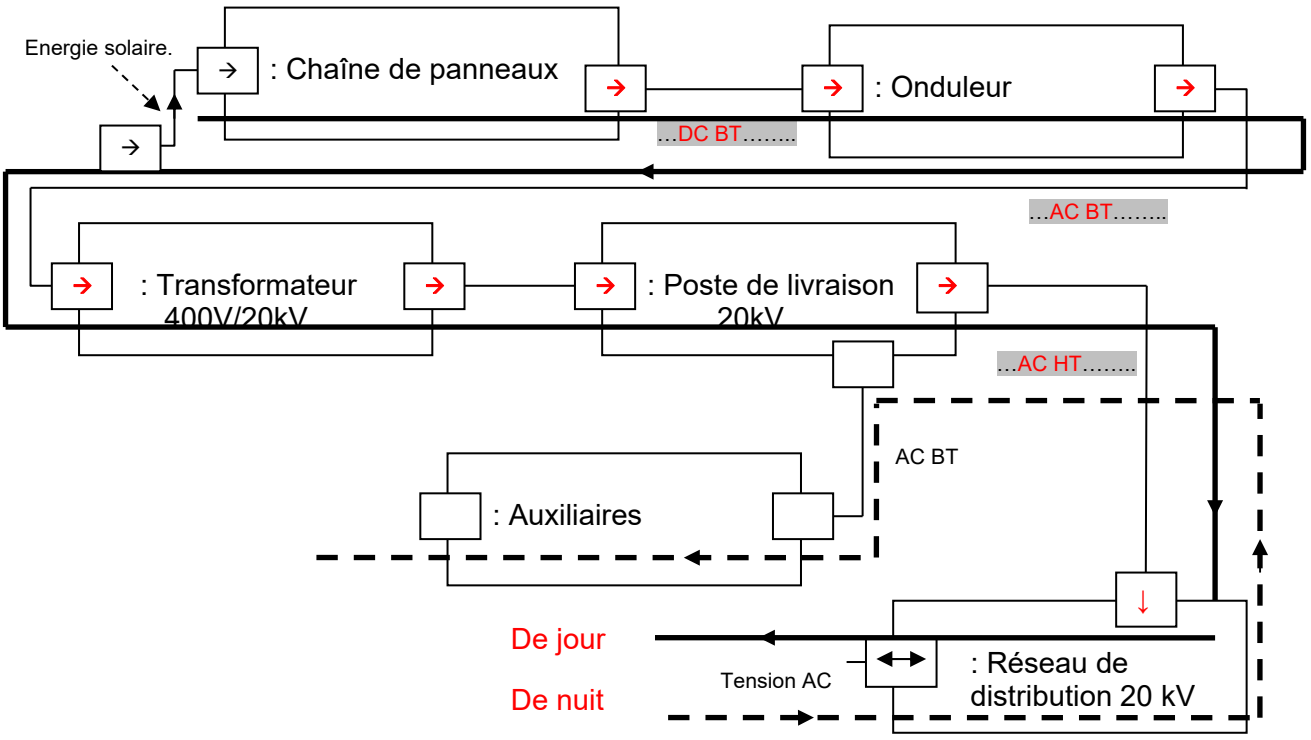
Réduit les impacts car :

- évite la production de CO_2 par rapport aux moyens de production du mix électrique français ;
- épargne des terres cultivables par rapport à une centrale au sol.

Partie 2 : Comment optimiser la production d'énergie électrique dans l'espace disponible du plan d'eau ?

Question 2.1 DT5	La puissance crête d'un panneau est de 425 W et il y a 34 000 panneaux donc 34 000×425 = 14,45 MWc posé
Question 2.2 DT3, DT4, DT5	Le constructeur des panneaux assure une puissance de 92% de la puissance installée au bout de 25 ans donc P_{C25} [MWc] = 0,92×14,45 = 13,294 MWc. **Vérifier** la conformité au cahier des charges. Le cahier des charges donne la contrainte d'avoir « au moins 13 MWc après 25 ans de fonctionnement », P_{C25} = 13,294 MWc est bien supérieure donc l'exigence est respectée.
Question 2.3 DT6 DR4	Voir DR4

DR4 : Diagramme de bloc interne partiel



Question 2.4 | Voir DR4

DR4 | L'onduleur permet d'adapter la tension DC au réseau AC.

Question 2.5 | Voir DR5

DR5 : Paramétrage du logiciel PVGIS

Technologie d'un panneau	Silicium monocristallin ? Ou CIS (Cuivre Indium et Sélénium) ? Ou Cdte (Tellurure de Cadmium) ?	☒ ☐ ☐
Position de montage	A l'air libre ? Ou Intégré au bâtiment ?	☒ ☐
Puissance crête (kWc)	……**8,5**……	
Inclinaison (°)	……**11**……	
Azimut (°)	……**15**……	

Question 2.6 | Voir DR6

DT8, DR6

DR6 : Production électrique d'une rangée de 20 panneaux

Angle d'inclinaison d'un panneau α (°)	11	22	35
Distance Dp (m) entre deux panneaux.	158	205	251
Energie électrique produite E_{an} (kWh) par une rangée de 20 panneaux	…**10002,5**……Q2.6	12673	13053
Ratio RA (kWh·m^{-1}) = Eh/Dp	…**6330,7**……Q2.7	…**6182,0**……Q2.7	…**5200,0**……Q2.7

Question 2.7 | Voir DR6

DR6

Question 2.8 | Pour optimiser la surface d'étendue d'eau il faut rapprocher le plus possible les panneaux entre eux et réduire l'inclinaison pour éviter l'ombre portée d'un panneau sur l'autre. La production électrique est alors impactée par la faible inclinaison mais le ratio de production par mètre reste important en comparaison à une installation terrestre classique.

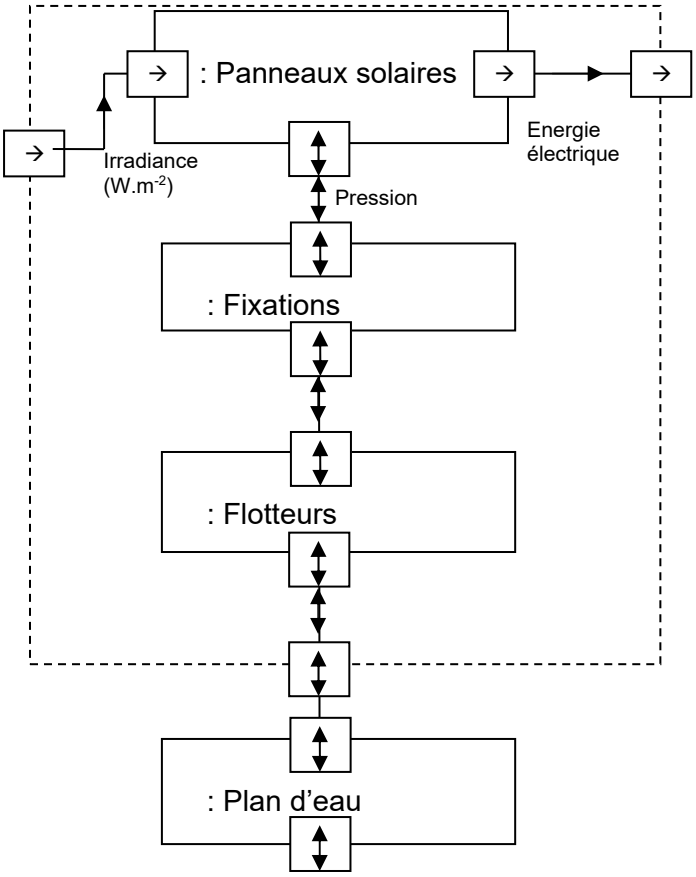
Partie 3 : Comment maintenir des modules photovoltaïques en surface d'un plan d'eau en toute sécurité et en minimisant les impacts environnementaux?

Question 3.1 | Voir DR7

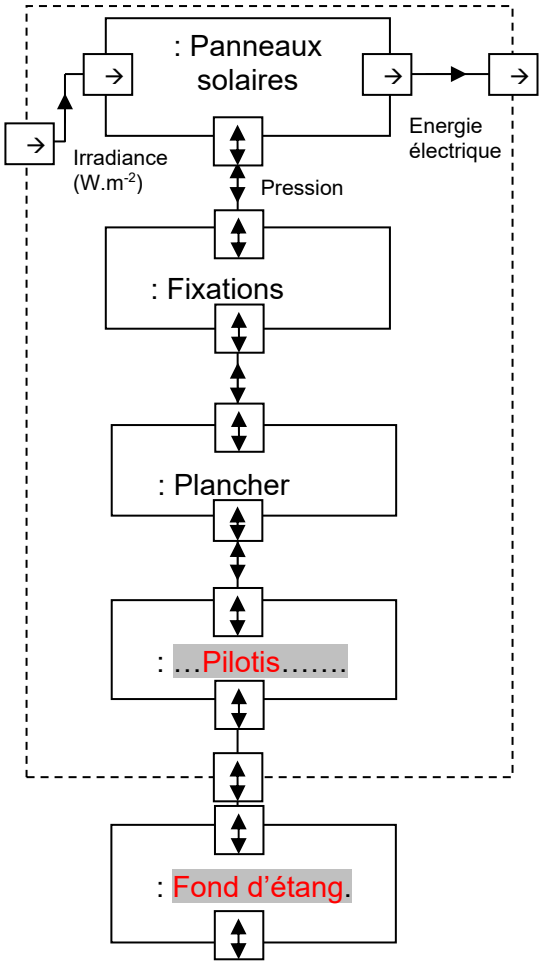
DT9, DR7

DR7 : Diagramme de bloc interne partiel des différentes solutions de maintien de panneaux en surface

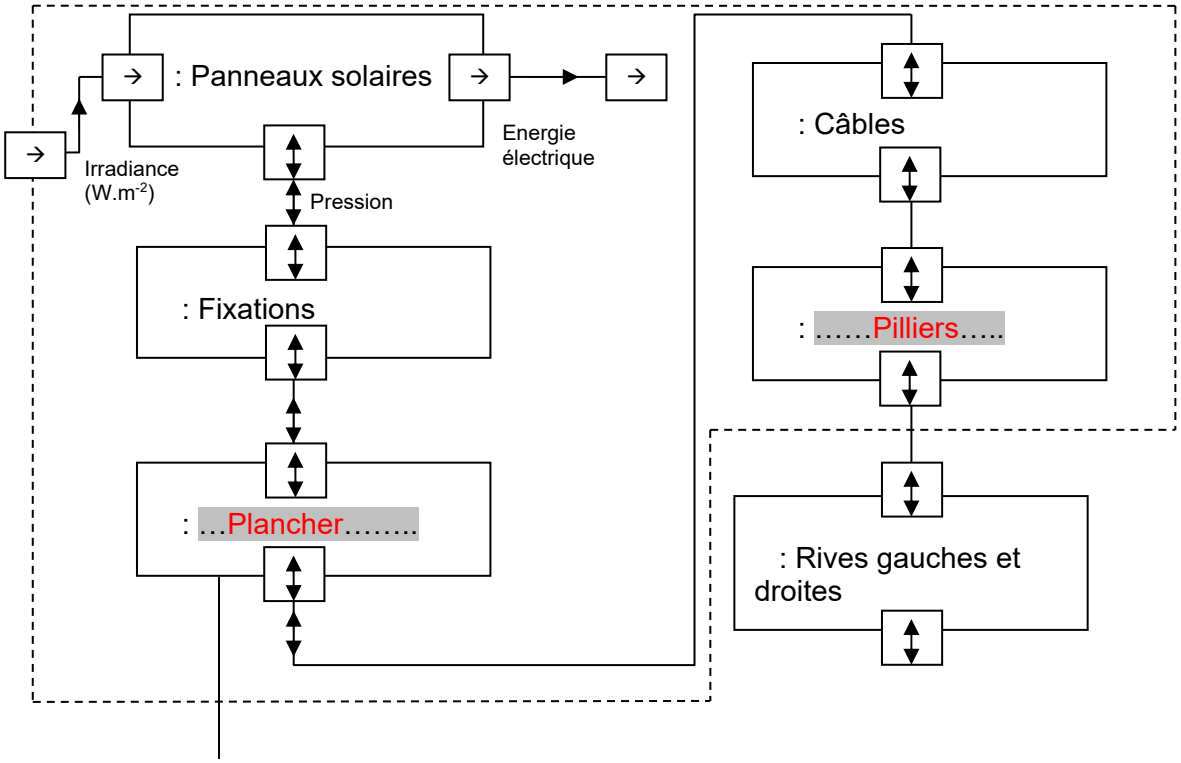
Solution n°1 : Centrale sur flotteurs



Solution n°2 : Centrale sur pilotis



Solution n°3 : Centrale suspendue



Question 3.2

DT11

$S = (1\,046+758)\times 1\,812 = 3{,}27\times 106$ mm^2 soit 3,27 m^2

$S_m = S - (2\times S1) - (4\times S2) = 3{,}27 - (2\times 0{,}063248) - (4\times 0{,}035140) = 3$ m^2

$S_{mt} = 3\times 34\,000 = 102\,000$ m^2

Question 3.3

L'évaporation est limitée car la centrale masque les rayons incidents du soleil, limite l'effet du vent, permet de maintenir une humidité relative. La couleur blanche des flotteurs réfléchisse aussi les rayons solaires.

Question 3.4

$Sa = (1\,890\times 980) - (631\times 315) - (3{,}14159\times 315^2/4)$

$Sa = 1\,852\,200 - 198\,765 - 77\,931 = 1\,575\,504$ mm^2 = 1,57 m^2

Question 3.5

$h_i = Poids/(\rho \times Sa \times g) = 34{,}4\times 9{,}81/(1\,000\times 1{,}60\times 9{,}81) = 21{,}5\cdot 10^{-3}$ m

soit 21,5 mm

Question 3.6

Les panneaux sur flotteurs restent bien en flottaison car leurs immersions ne dépassent pas 21,5 mm sur une hauteur de 150mm. Les panneaux connectés entre eux forment une centrale flottante suffisamment ramassée pour ne pas occuper tout le plan d'eau.

Partie 4 : Comment stabiliser la position de la centrale sur le lac, éviter sa dérive ?

Question 4.1

$V_{max} = 33{,}7$ m·s^{-1}

DT12

Question 4.2

$F_v = 214$ kN (compris entre 200 et 225 kN)

Question 4.3

Pour une valeur en compression de 94,5 kN le tableau propose un couple de 6404 N.m

DT14

Question 4.4

$T_{A\,L5K} = 47{,}3$ kN

DT13

Question 4.5

$T_{H\,L5K} = T_{A\,L5K}$ x cos 12° = 47,3 kN x cos 12° = 46,3 kN

$Nb_{pieux} = F_V / T_{H\,L5K} = 214 / 46{,}3 = 4{,}62$

Il faudra donc 5 pieux pour reprendre les efforts horizontaux liés au vent.

Partie 5 : Comment structurer le réseau de communication ?

Question 5.1

DT7

Informations numériques

Question 5.2

Exemple : 172.16.64.5/27

Question 5.3

Nombre de clients sur le LAN (figure 8) -> 3 si on ne considère que les caméras et station météo de la figure et 4 si on rajoute le serveur DNS

Il y a le réseau LAN (réseau local) et le réseau WAN (réseau étendu, réseau couvrant une zone géographique de grande envergure donc ici coté internet).

On a ces 2 types de réseaux étant donné que l'on doit pouvoir obtenir, consulter des informations de l'installation (station météo, caméras…) depuis l'extérieure du site (WAN) et à partir du site (LAN).

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

Énergies et environnement

Parc photovoltaïque flottant

CORRIGÉ



Travail demandé

Partie A : Quelle quantité d'énergie peut produire la centrale photovoltaïque flottante.

QA.1 $P_{centrale}$ = 425 x 30590 = 13 MW

QA.2 E_{CT} = 13000 x 1334,4 = 17 347 200 kWh

QA.3 DRS1

QA.4 DRS1 donne 1213,7 kWh → E_{CFR} = 13000 x 1213,7 = 15 778 100 kWh

QA.5 Energie centrale flottante : E_{CF} = 13000 x 1207,4 = 15 696 200 kWh
Rapport flottant/terrestre R_{FT} = 15 696 200 / 17 347 200 = 90,48%
Rapport flottant refroidi/terrestre R_{FRT} = 15 778 100 / 17 347 200 = 90,95%

QA.6 Nombre de foyers = (E_{CFR} – E_{CF})/4679 = 17,5

QA.7 Une centrale photovoltaïque flottante est un peu moins performante qu'une centrale terrestre (rapport de 90,5%), mais elle a des atouts en termes de surfaces utilisées et d'impact visuel. Le refroidissement des panneaux de manière naturelle permet de gagner 0,5% de plus ce qui n'est pas négligeable et correspond dans ce cas à la consommation de 17 foyers.

Partie B : Quel type d'onduleur et quelle association choisir pour raccorder la centrale au réseau de distribution.

QB.1 Nombre de panneaux : 13 000 000 / 425 = 30589

QB.2 Nombre de panneaux par ligne : 560 / 70 = 8

QB.3 Nombre de lignes : 30592 / 8 = 3824

QB.4 Il y a 7 postes de transformation

Soit en moyenne 3824/7 = 546,3 lignes par transformateur.
La répartition sera de 2 postes à 547 lignes et 5 postes à 546 lignes.

Puissance max d'un poste : 547 x 8 x 425 = 1 859 800 W soit environ 1,86 MW
(La réponse 13MW /7 = 1,86MW est acceptée).

QB.5 Le conteneur qui a la puissance immédiatement supérieure est le 2200 KWc avec 20 onduleurs.

QB.6 L'onduleur Sunsys P66TL à une puissance PV de 80 kW. Un conteneur avec 20 onduleurs de ce type serait limité en entrée a 20 x 80 = 1600 kW ce qui est inférieur au 1,86 MW de l'installation. Avec les onduleurs Sunsys P100TL la puissance théorique d'entrée est de 2,4 MW.

Partie C : Quel est l'influence des câbles sur le bon fonctionnement des onduleurs ?

QC.1 Courant nominal d'un panneau : I_p = 6,07A (DTS2)
Pour une jonction de 16 lignes : I_J = 16 x 6,07 = 97,12 A

QC.2 Pose à l'air libre. Prendre 120 A. → S = 16 mm²

QC.3 A 90°C, un câble a une résistance linéique de 1,587 Ω/km
Pour un cable de 50 m : R_{50} = 0,001587 x 50 = 0,07935 Ω
Chute de tension pour un câble : ΔU_c = 0,07935 x 97,12 = 7,71 V

QC.4 Liaison composée de 2 câbles
$\Delta U_L = 2\Delta U_c$ = 15,41 V
$\Delta U_{L\%}$ = 15,41/560 = 2,75%

QC.5 Puissance perdue : $P_L = 2\ R_{50}\ I_J^2 = \Delta U_L\ I_J$ = 15,41 x 97,12 = 1500 W
Sur l'abaque, pour 96,7A, les pertes sont de 15 W/m soit pour 2x50m = 1500W

QC.6 La chute de tension maximale est respectée. La valeur de 2,75% représente aussi la perte de puissance. Le rendement de l'installation va chuter. Il faudra éventuellement augmenter la section si on veut un meilleur rendement.

Partie D : Comment identifier un défaut de production.

QD.1 Il y a eu une pluie de sable qui a masquée les panneaux. L'efficacité des panneaux photovoltaïques est réduite. La production chute.

QD.2 Les panneaux ont été lavé soit par la pluie soit par un nettoyage manuel.

QD.3 La comparaison entre la production réelle et la production théorique permet de déterminer une anomalie comme l'encrassement des panneaux et d'agir rapidement pour éviter une perte de production importante.

Document réponses DRS1

Mois	Production énergétique centrale terrestre en kWh pour 1kWc installé Inclinaison de 38°	Production énergétique centrale Flottante en kWh pour 1kWc installé Inclinaison de 11°	Production énergétique centrale flottante en kWh pour 1kWc installé (abaissement de 2,5°c)
Janvier	75,7	52,7	52,7
Février	89,2	69,6	69,6
Mars	118,9	104,5	104,5
Avril	125,4	122,7	QA.3 : 123,5
Mai	125,0	131,6	132,5
Juin	136,7	137,8	138,7
Juillet	131,4	141,1	142,1
Août	135,5	133,5	134,4
Septembre	124,6	113,5	114,3
Octobre	109,2	88,1	88,7
Novembre	84,1	60,2	60,6
Décembre	78,8	52,1	52,1

Total	1334,5	1207,4	QA.4 1213,7

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.