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

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2016

ÉPREUVE E.4.1

Étude d'un système technique industriel
Pré-étude et modélisation

Durée : 4 heures – Coefficient : 3

<u>Matériel autorisé</u> :

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire N°99-186 du 16/11/99.
L'usage de tout autre matériel ou document est interdit.

Le sujet comporte **21** pages numérotées de **1/21 à 21/21**.
Les documents réponses (pages 19, 20 et 21) sont à remettre avec la copie.

Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul.

Le (la) correcteur (trice) attend des phrases construites respectant la syntaxe de la langue française. Chaque réponse sera clairement précédée du numéro de la question à laquelle elle se rapporte.

Les notations du texte seront scrupuleusement respectées.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

MISE EN SÉCURITÉ DU TUNNEL DE NEUILLY

Présentation générale

Créée en 2006, la DIRIF (Direction Interdépartementale des Routes d'Ile-de-France) a pour mission d'assurer l'entretien, l'exploitation, la gestion et la modernisation du réseau francilien de routes nationales et d'autoroutes non concédées.
À ce titre, la DIRIF est en charge d'un programme de modernisation et de mise en sécurité de 22 ouvrages routiers d'Île-de-France représentant 45 km de tunnels.
En effet, la circulaire du 25 août 2000 a conduit à l'élaboration d'un diagnostic de sécurité sur l'ensemble des tunnels français de grande longueur. La parution d'un décret le 24 juin 2005 et sa circulaire d'application n°2006-20 du 29 mars 2006 ont rendu obligatoire la mise en conformité des tunnels routiers de plus de 300 mètres.

Base Nationale de Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

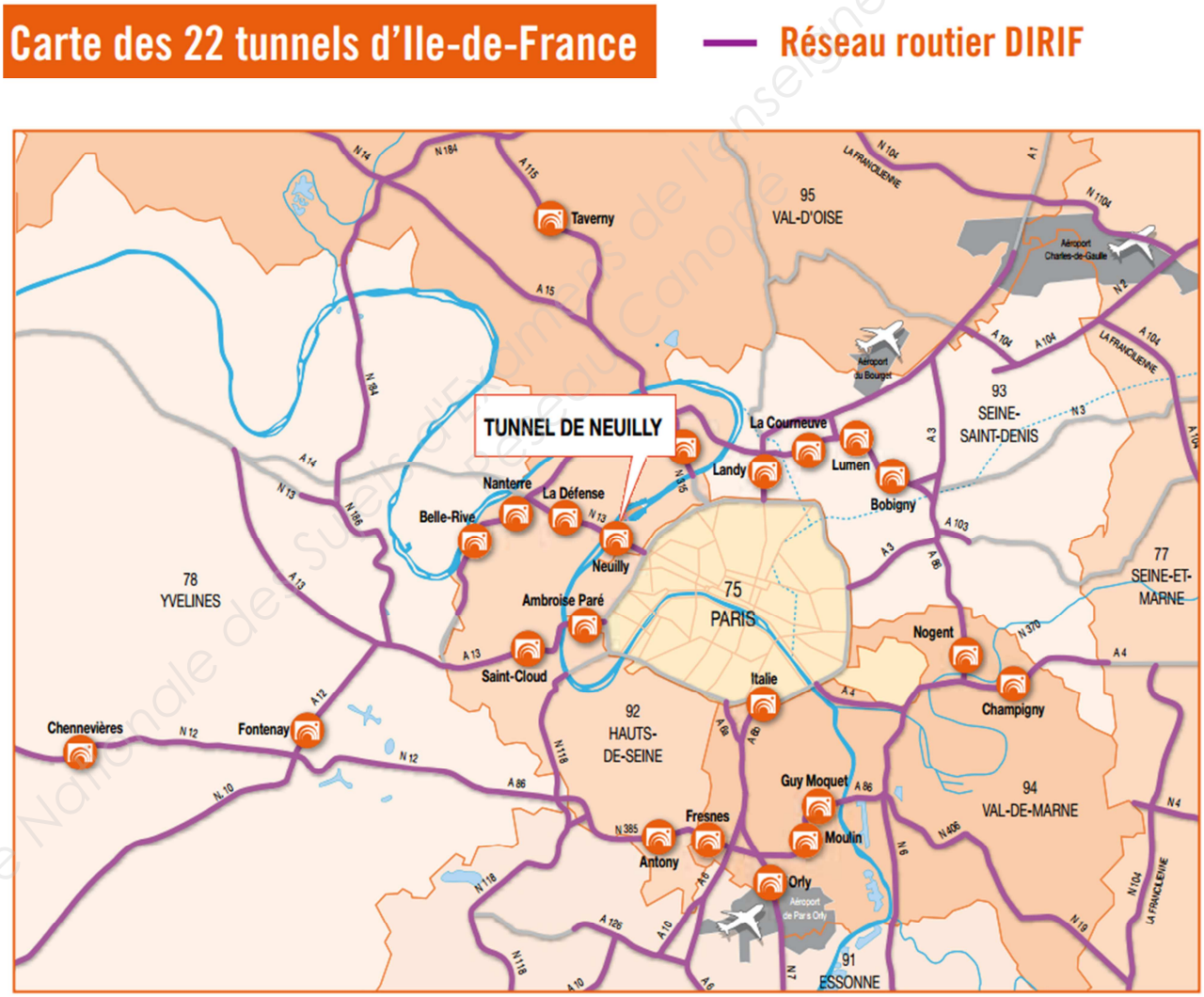


Figure 1 : carte des tunnels d'Ile-de-France

Ces tunnels sont surveillés 24h sur 24h par quatre Postes de Contrôle Trafic et Tunnel (PCTT), répartis géographiquement autour de Paris et qui gèrent également le trafic sur le reste du réseau. Dans chaque PCTT, des opérateurs sécurité trafic travaillent en permanence pour veiller à la fluidité du trafic et à l'absence d'incidents, aux côtés des forces de l'ordre.

Le tunnel de Neuilly est l'un de ces 22 tunnels, il dépend du PCTT de Nanterre, à l'ouest de Paris.

Les travaux de modernisation de ces tunnels routiers de grande longueur visent à assurer une sécurité améliorée pour les franciliens qui empruntent ces tunnels chaque jour.
Pour l'ensemble des tunnels, les travaux représentent un investissement de 800 millions d'euros sur la période 2009 à 2014.

Caractéristiques du tunnel de Neuilly

Le tunnel de Neuilly-sur-Seine se situe dans le département des Hauts-de-Seine (92) sur la RN13 entre le pont de Neuilly-sur-Seine et le boulevard périphérique, dans une zone fortement urbanisée. Il constitue un axe important entre l'autoroute A14 et Paris.

Chiffres clefs :

Construction : 1990-1992.
Longueur : 440 m.
Trafic : 140 000 véhicules par jour dont 5 % de poids lourds.
Gabarit routier : 4,50 m.
Type : tunnel urbain à deux tubes unidirectionnels à trafic non faible interdit aux transports de marchandises dangereuses.
Système de ventilation : semi-transversal réversible.
Vitesse maximale dans l'ouvrage : 70 km/h.

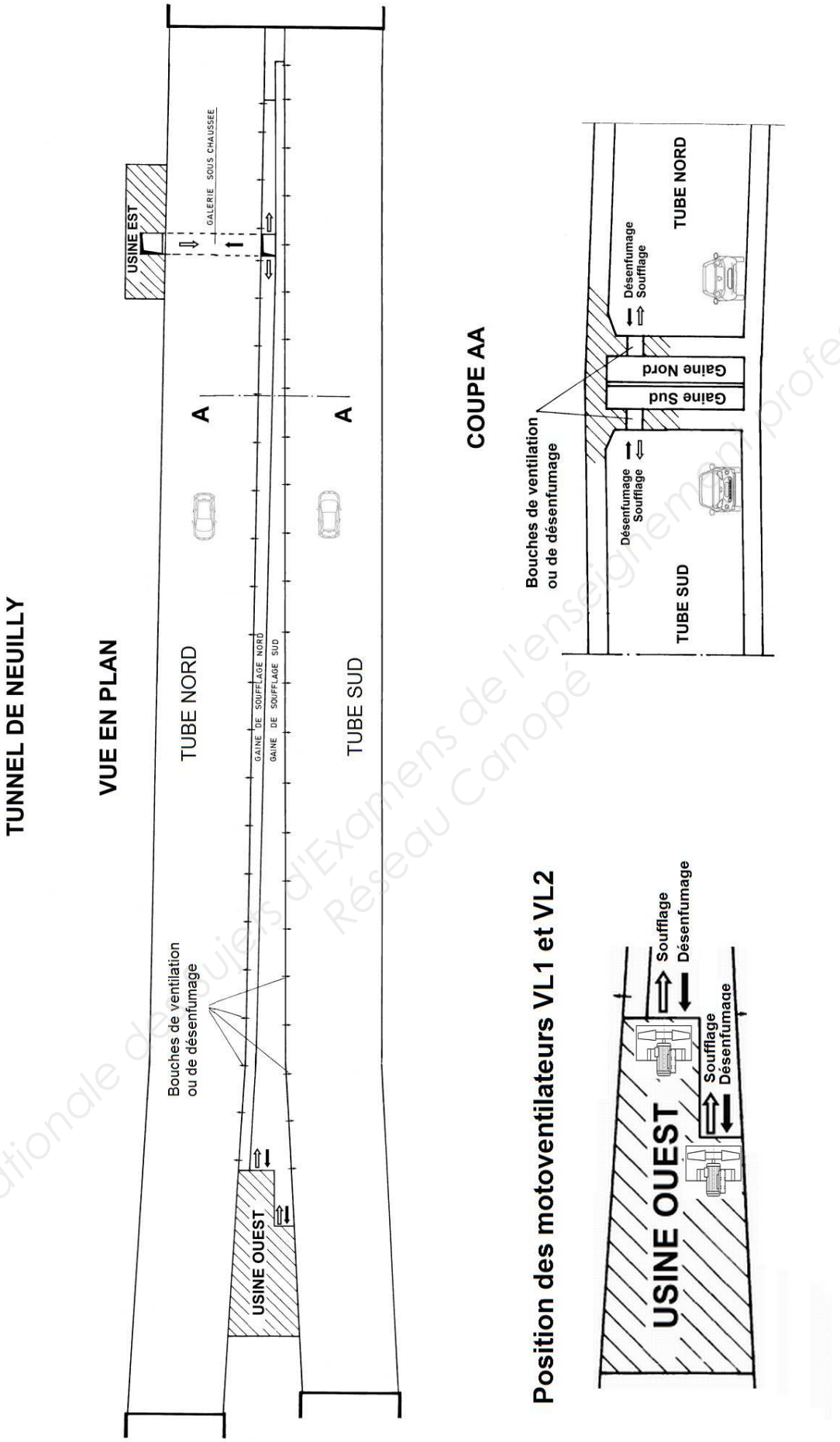
Le tunnel de Neuilly est composé de deux tubes (***voir la vue en plan page 4***) :

- Le tube nord permet la circulation dans le sens Paris vers province sur trois voies.
- Le tube sud permet la circulation dans le sens province vers Paris sur quatre voies.

La ventilation et l'éclairage du tube nord sont gérés depuis l'usine est.
La ventilation et l'éclairage du tube sud sont gérés depuis l'usine ouest.

Le fonctionnement des deux usines étant identiques, seule l'usine ouest sera étudiée lors de cette épreuve.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé



Vue en plan de l'usine Ouest

Base Nationale de Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Principe de la ventilation "semi-transversale réversible"

Dans chaque tube du tunnel, la ventilation a deux fonctions :

- la ventilation sanitaire ;
- le désenfumage.

La ventilation sanitaire permet d'assurer le renouvellement d'air frais pour assurer l'extraction des polluants provenant des gaz d'échappement des véhicules (monoxyde de carbone, gaz carbonique, monoxyde d'azote, oxyde d'azote, particules).

Le désenfumage a pour fonction de maîtriser les quantités de fumées en cas d'incendie. Si un feu de forte intensité se déclare (par exemple un incendie de poids lourd), il faut évacuer les fumées du tunnel de façon à réduire les risques d'asphyxie pour les personnes encore présentes à l'intérieur.

En ventilation "semi-transversale réversible", la ventilation sanitaire est assurée par des ventilateurs qui insufflent de l'air frais dans les gaines de soufflage ; cet air frais est diffusé par des bouches de ventilation dans le tube sur toute sa longueur (voir vue en plan page 4). L'air vicié est expulsé par les extrémités du tube.

Enjeu

Il s'agit principalement d'assurer une sécurité améliorée pour les usagers qui empruntent le tunnel de Neuilly chaque jour. La mise en sécurité impose :

- d'assurer le désenfumage et la ventilation sanitaire conformément au décret de mise en conformité des tunnels de grande longueur ;
- de maintenir l'alimentation électrique des usines de ventilation du tunnel ;
- d'assurer la communication des équipements avec le poste de contrôle trafic et tunnel (PCTT).

Problématique E41

Le sujet est composé de 4 parties indépendantes notées A, B, C et D.

- La partie A aborde le dimensionnement des groupes motoventilateurs pour permettre le désenfumage d'un tube en cas d'incendie dans le tunnel.
- Les différents points de fonctionnement des moteurs asynchrones sont étudiés dans la partie B.
- La partie C étudie la structure du variateur de vitesse et les limites dynamiques de l'inversion du sens de rotation d'un motoventilateur.
- Dans la partie D, la modélisation du transformateur de distribution HTA/BT conduit au calcul du courant de court-circuit au secondaire.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Partie A. Dimensionnement des motoventilateurs.

L'objectif de cette partie est de vérifier le dimensionnement des groupes motoventilateurs de l'usine ouest afin d'assurer l'extraction des fumées en cas d'incendie dans le tube sud.

A.1. Débit de désenfumage.

L'instruction technique relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers règlemente la ventilation de désenfumage en cas d'incendie. Pour les tunnels urbains de longueur supérieure à 300 m, on a extrait les prescriptions pour le désenfumage en ventilation semi-transversale :

Doc 1 : extrait de la circulaire n° 2000-63 du 25 août 2000

« Les dispositions qui suivent sont basées sur un incendie de dimensionnement de poids lourd présentant les caractéristiques suivantes :

- *(…)*
- *Débit de fumées de 80 m^3/s (…)*

Le débit d'aspiration doit être majoré par rapport au débit de fumées produit par l'incendie pour tenir compte de l'inévitable entrainement d'air frais au niveau de l'extraction.
Celui-ci sera au minimum égal au débit de l'incendie de dimensionnement (80 m^3/s) augmenté d'un débit (en m^3/s) égal en valeur à une fois et demi la section transversale intérieure du tunnel (en m^2). Ainsi par exemple, pour une section intérieure de 50 m^2, le débit d'extraction sera au moins de 155 m^3/s.
(…)
Il est recommandé de limiter la vitesse moyenne nominale de l'air aspiré à 15 m/s au passage des bouches de désenfumage. »

Données pour le tube sud du tunnel de Neuilly :

- section transversale intérieure du tube sud : $S = 67{,}5\ \text{m}^2$;
- circuit d'extraction des fumées :
  - réalisé à l'aide de 176 bouches réparties le long du tunnel ;
  - bouches de désenfumages rectangulaires et de dimensions 0,5 m x 0,2 m ;
  - débit supposé identique pour chaque bouche.

A.1.1. Déterminer le débit d'extraction minimum, noté Q_{min} pour assurer le désenfumage compatible avec les prescriptions.

A.1.2. Pour une vitesse moyenne de l'air de 15 m/s au niveau de chaque bouche de désenfumage vérifier que le débit d'air traversant chaque bouche noté, Q_{bouche} est égal à 1,5 m^3/s. En déduire le débit maximum appelé Q_{max} assuré par l'ensemble des bouches de désenfumage.

A.1.3. En pratique, l'extraction des fumées est assurée par 2 motoventilateurs, qui, en fonctionnement simultané, possèdent chacun un débit nominal de 125 m^3/s. Montrer que ce choix permet un débit d'extraction compris entre Q_{min} et Q_{max} déduit de la circulaire n°2000-63.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

A.2. Puissance aéraulique d'un ventilateur.

Chaque motoventilateur, placé dans un cylindre (nommé virole), d'axe horizontal, relié aux gaines de ventilation du tunnel, assure un débit Q_v d'extraction des fumées égal à 125 $m^3.s^{-1}$. On considère l'écoulement de l'air entre un point A situé en amont du motoventilateur et un point B situé en aval.
Pour toute cette l'étude on supposera que le fluide est incompressible et que le régime d'écoulement est permanent.

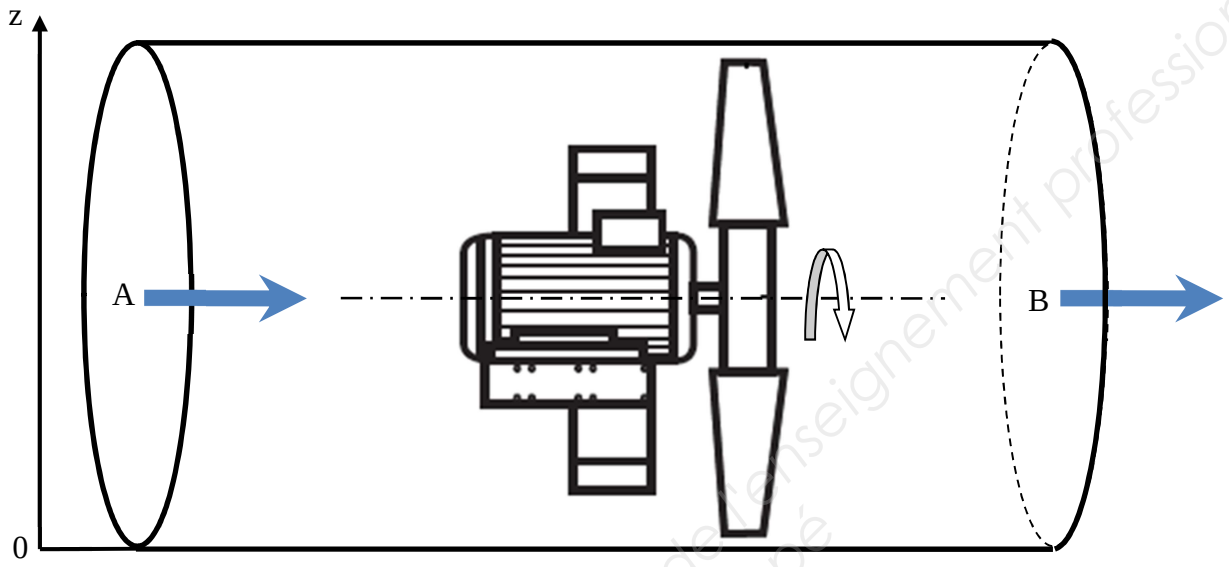


Figure 2 : motoventilateur placé dans sa virole

On rappelle la relation de Bernoulli pour l'écoulement d'air, avec échange d'énergie entre deux points A et B :

$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + p_A + \rho g z_A + \frac{P_{vent}}{Q_v} = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + p_B + \rho g z_B$$

ρ : masse volumique de l'air en $kg.m^{-3}$;
g : accélération du champ de pesanteur en $m.s^{-2}$;
v_A : vitesse moyenne du fluide au point A (en amont du ventilateur) en $m.s^{-1}$;
v_B : vitesse moyenne du fluide au point B (en aval du ventilateur) en $m.s^{-1}$;
p_A : pression au point A (en amont du ventilateur) en Pa ;
p_B : pression au point B (en aval du ventilateur) en Pa ;
z_A : altitude du point A en m ;
z_B : altitude du point B en m ;
P_{vent} : puissance aéraulique du ventilateur en W ;
Q_v : débit d'extraction dans la virole en $m^3.s^{-1}$.

A.2.1. Justifier pourquoi les débits amont et aval du motoventilateur sont égaux. En déduire une relation entre les vitesses en amont v_A et en aval v_B du motoventilateur.

A.2.2. En appliquant la relation de Bernoulli au cas étudié, exprimer P_{vent} en fonction de Q_v et $\Delta p = p_B - p_A$.

Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

La différence de pression Δp doit permettre de vaincre l'ensemble des pertes de charge (régulières et singulières) du réseau aéraulique de la ventilation relié à la virole d'un ventilateur. Ces pertes de charge sont estimées à 2000 Pa lors du fonctionnement en désenfumage.

A.2.3. Calculer la puissance aéraulique, P_{vent} , d'un ventilateur nécessaire au désenfumage.

A.3. Puissance mécanique.

Le document réponse 1 présente les différentes caractéristiques "Δp - Q_v" d'un des deux ventilateurs ainsi que la puissance mécanique absorbée sur l'arbre tournant à 1500 tr/min. Le constructeur propose différents réglages des pales numérotés de 1 à 13. Le réglage de l'angle des pales est effectué en usine et permet d'atteindre le point de fonctionnement désiré.

A.3.1. Placer sur le document réponse 1 le point de fonctionnement d'un ventilateur (Δp de 2000 Pa et débit de 125 m^3/s). En déduire le numéro de position de pales permettant de garantir ce point de fonctionnement.

A.3.2. Déterminer la puissance mécanique correspondante à fournir sur l'arbre du ventilateur tournant à 1500 tr/min.

A.3.3. En déduire le rendement du ventilateur pour ce point de fonctionnement. Comparer votre résultat à la valeur de 71 % donnée par le constructeur.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Partie B. Étude du moteur asynchrone.

Le même motoventilateur doit pouvoir assurer le désenfumage et la ventilation sanitaire. En ventilation sanitaire, différents débits sont imposés en fonction du taux de pollution mesuré dans le tunnel afin de maintenir la qualité de l'air dans le tube.
En désenfumage, le sens de rotation du ventilateur est inversé et la vitesse de rotation est nominale.
L'objectif de cette partie est d'étudier les différents points de fonctionnement du motoventilateur correspondant aux différents débits d'air.

B.1. Moteur asynchrone alimenté en tension et fréquence fixes ($U = 400\,V$, $f = 50\,Hz$).

Plaque signalétique du moteur asynchrone d'entrainement du ventilateur		
Nombre de pôles		4
Tension composée réseau	V	400
Fréquence	Hz	50
Puissance utile	kW	355
Vitesse nominale	$tr.min^{-1}$	1492
Intensité nominale du courant	A	634
Intensité à vide du courant	A	255
Facteur de puissance à 100 % de la charge		0,85

Pour le fonctionnement nominal, déterminer :

- la vitesse de synchronisme N_S du moteur asynchrone en tr/min ;
- le glissement ;
- la puissance active ;
- le moment du couple utile ;
- le rendement.

B.2. Moteur asynchrone alimenté à *U/f* constant.

Sur le document réponse 2, on donne la caractéristique mécanique du ventilateur (moment du couple résistant en fonction de la vitesse de rotation).

Pour simplifier l'étude de la variation de vitesse du moteur asynchrone, on fait l'hypothèse que le glissement est nul pour les fonctionnements à vide et en charge.

B.2.1. En assimilant la partie utile de la caractéristique mécanique du moteur asynchrone à une droite verticale, tracer sur le document réponse 2 la caractéristique mécanique $C_u = f(N)$, notée (D), du moteur asynchrone lorsque $f = 50\,Hz$ et $U = 400\,V$.

B.2.2. Comment évolue la caractéristique mécanique du moteur lorsque la fréquence *f* diminue en maintenant le rapport *U/f* constant ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Lors du fonctionnement en ventilation sanitaire, on définit trois vitesses de rotation du ventilateur :

N_1= 530 tr.min^{-1} N_2 = 660 tr.min^{-1} N_3 = 850 tr.min^{-1}

Lors du fonctionnement en désenfumage, la vitesse de rotation est fixée à sa valeur nominale N_4 = -1500 tr.min^{-1}.

B.2.3. Placer sur le document réponse 2 les points de fonctionnement P_2 et P_4 du groupe motoventilateur correspondant aux vitesses de rotation N_2 et N_4 en régime permanent. Tracer sur le document réponse 2 les caractéristiques mécaniques notées (D_2) et (D_4) du moteur asynchrone permettant d'obtenir ces points de fonctionnement.

B.2.4. Pour les points de fonctionnements P_2 et P_4 donner les fréquences et les valeurs efficaces du fondamental de la tension d'alimentation entre phases U du moteur. Préciser comment est obtenue la vitesse négative associée au point P_4.

B.2.5. Calculer la puissance utile du moteur asynchrone pour les points de fonctionnement P_2 et P_4.

B.2.6. Justifier que le dimensionnement de la machine asynchrone a été effectué pour répondre aux besoins du mode désenfumage.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement Professionnel
Réseau Canopé

Partie C. Étude du variateur de vitesse.

Le variateur de vitesse doit permettre le réglage de la vitesse de rotation du motoventilateur (suivant les besoins en ventilation sanitaire) et assurer l'inversion du sens de rotation (désenfumage en cas d'incendie).
L'objectif de cette partie est d'étudier la structure du variateur de vitesse permettant d'obtenir les différentes vitesses de rotation et d'inverser le sens de rotation du groupe motoventilateur. Les limites dynamiques du système sont ensuite étudiées afin de définir les rampes d'accélération et de décélération imposées par le variateur.

C.1. Structure du variateur de vitesse.

Le schéma de puissance du variateur alimentant chaque moteur asynchrone est donné figure 3.

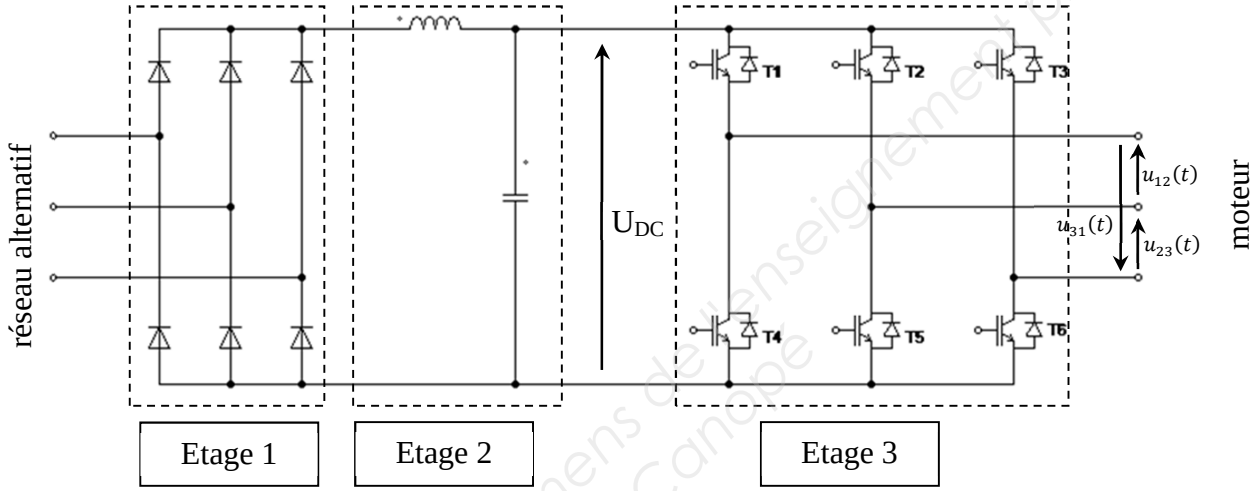


Figure 3 : structure du variateur de vitesse

C.1.1. Nommer les fonctions réalisées par les trois étages composant le variateur de vitesse.

Pour le fonctionnement en désenfumage, les intervalles de conduction des différents interrupteurs de l'onduleur (transistors IGBT) sont donnés sur le document réponse 3.

La tension U_{DC} aux bornes du condensateur est supposée constante.

C.1.2. Tracer sur le document réponse 3 les chronogrammes des tensions $u_{12}(t)$, $u_{23}(t)$ et $u_{31}(t)$ délivrées par le variateur. Tracer l'allure du fondamental de la tension $u_{23}(t)$.

C.1.3. Pour le fonctionnement en ventilation sanitaire, le sens de rotation du moteur doit être inversé. Compléter sur le document réponse 3 les intervalles de conduction des interrupteurs permettant le changement du sens de rotation.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Lors de la mise en service du système, on a relevé, pour une vitesse de rotation N=1350 tr.min^{-1}, l'évolution temporelle de la tension $u_{12}(t)$ (figure 4) et de l'intensité du courant de ligne dans une phase du moteur (figure 5).

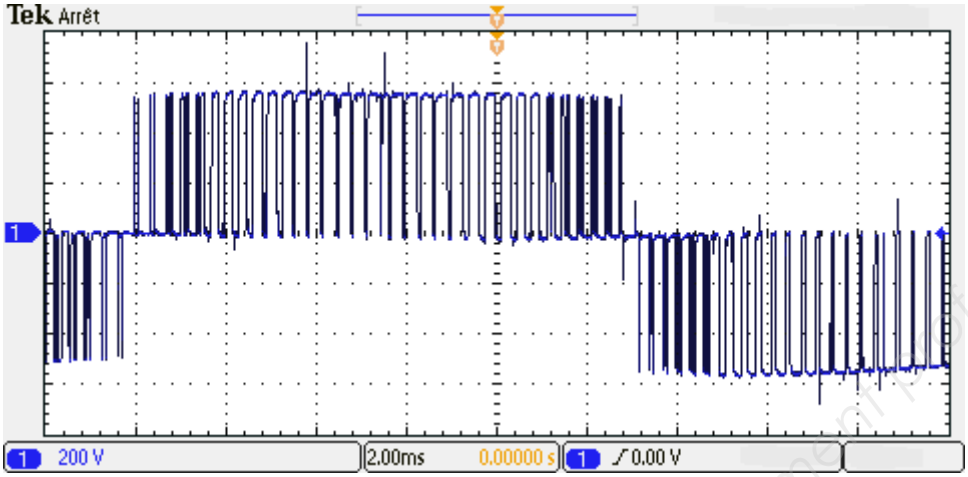


Figure 4 : oscillogramme de la tension $u_{12}(t)$ (220V/div, 2ms/div)

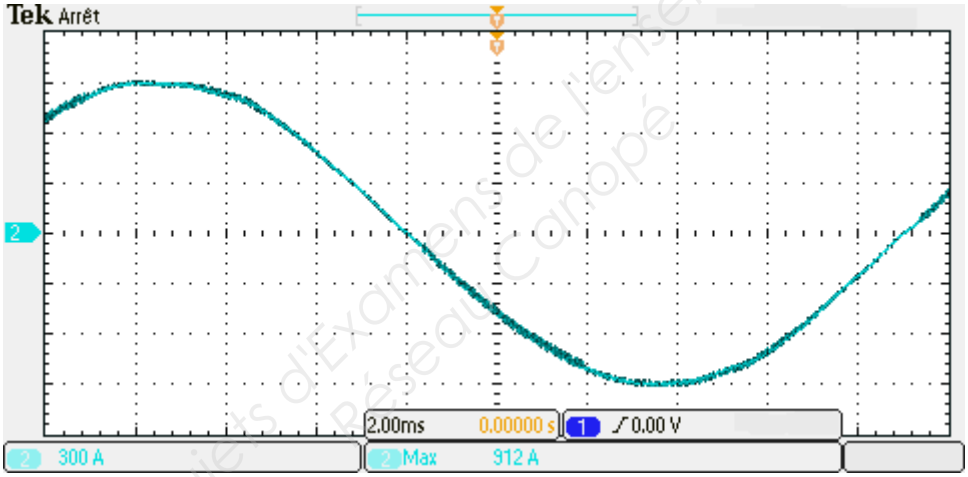


Figure 5 : oscillogramme du courant dans une phase du moteur (300A/div, 2ms/div)

C.1.4. Donner le nom du type de la commande utilisée pour obtenir la forme d'onde de la tension $u_{12}(t)$ de la figure 4.

C.1.5. Pour le courant de ligne assimilé à un signal sinusoïdal, déterminer à l'aide de la figure 5 :

- sa fréquence f ;
- sa valeur efficace I.

C.1.6. Comparer la valeur de I déterminée précédemment à la valeur nominale du courant moteur I_n.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

C.2. Contraintes imposées par l'inversion du sens de rotation.

Pour le paramétrage du variateur, la fréquence maximale de rotation du motoventilateur sera limitée à une valeur 1320 tr.min^{-1}. Malgré cette limitation, le débit d'air reste suffisant pour répondre aux exigences lors du désenfumage.

En cas d'incendie dans le tunnel, il faut être capable d'arrêter la ventilation sanitaire, pour ensuite démarrer en mode désenfumage. On étudie maintenant le comportement du variateur pendant le freinage électrique du ventilateur. Le concepteur a choisi de ne pas implanter de résistance de freinage.
On considère le cas où le ventilateur tourne initialement à une vitesse de rotation égale à N_3= 850 tr.min^{-1}. La rampe de décélération imposée par le variateur de fréquence est réglée afin d'obtenir un arrêt de l'arbre en 17 secondes (voir la représentation de la vitesse de rotation $N(t)$ en annexe 1). On néglige tous les frottements.

Données :

- moment d'inertie du moteur J_{moteur}= 7,4 kg.m^2
- moment d'inertie du ventilateur $J_{ventilateur}$= 85 kg.m^2
- moment du couple moteur délivré par la machine asynchrone noté C_{MAS}
- expression du moment du couple résistant associé au ventilateur : $C_R = k\Omega^2$ avec $\mathrm{k} = 0{,}099\ \mathrm{N.m.s^2.rad^{-2}}$
- capacité du condensateur présent à l'étage 2 $C = 200\ mF$
- énergie stockée par un condensateur de capacité *C* soumis à une tension *U* : $W_C = \frac{1}{2}CU^2$.

C.2.1. Calculer le moment d'inertie J_{total} du groupe motoventilateur.

C.2.2. Calculer l'accélération angulaire $\frac{d\Omega}{dt}$ durant la décélération.

C.2.3. Appliquer le principe fondamental de la dynamique des systèmes en rotation sur l'arbre du motoventilateur et exprimer C_{MAS} en fonction de J, $\frac{d\Omega}{dt}$, k et Ω.

C.2.4. En déduire alors l'expression suivante pour le moment du couple moteur : $C_{MAS} = -484 + 0{,}092\ \Omega^2$ avec C_{MAS} en N.m et Ω en rad.s^{-1}.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Les représentations des évolutions temporelles de $C_{MAS}(t)$ et de la puissance mécanique associée $P_{MAS}(t)$ sont données en annexe 1.

C.2.5. Déterminer graphiquement la valeur de la vitesse de rotation correspondant à $C_{MAS} = 0$. Vérifier que cette valeur numérique est cohérente avec la relation donnée dans la question **C.2.4.**

C.2.6. Comment évolue le signe de P_{MAS}, la puissance mécanique de la machine asynchrone, durant la phase de décélération ? Préciser le fonctionnement de la machine (moteur ou génératrice) pendant les différents intervalles de temps. Sur quel intervalle de temps la machine peut-elle renvoyer de l'énergie électrique vers le variateur ?

C.2.7. Expliquer pourquoi la structure du variateur (figure 3), ne permet pas de renvoyer l'énergie vers le réseau.

Avant la phase de décélération la tension aux bornes du condensateur du bus continu a pour valeur $U_{DC} = 570\ V$.
Pendant la phase de freinage, compte tenu des pertes de la machine asynchrone et du variateur, l'énergie renvoyée sur l'étage 2 est évaluée à 90 kJ.
Par protection, le variateur se met en défaut dès que la tension U_{dc} dépasse 750 V.

C.2.8. Calculer l'énergie stockée W_{Ci} par le condensateur avant la phase de décélération. En déduire alors l'énergie stockée W_{Cf} par le condensateur après arrêt de la machine. Déterminer la tension U_{DCf} aux bornes du condensateur obtenue après arrêt de la machine.

Que va-t-il alors se passer pendant la phase de freinage?

Proposer une modification de la structure du variateur qui permettrait de respecter la durée de décélération du ventilateur sans déclencher un défaut du variateur.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Partie D.Transformateur HTA/BT.

L'objectif de cette partie est d'étudier un transformateur HTA/BT alimentant l'usine de ventilation ouest. La modélisation permet de calculer la valeur théorique de l'intensité du courant de court-circuit au secondaire du transformateur afin de déterminer le pouvoir de coupure nécessaire du disjoncteur placé en aval.

D.1. Dimensionnement du transformateur HTA/BT.

La figure 6 représente le schéma unifilaire de l'alimentation de l'usine de ventilation ouest du tunnel.

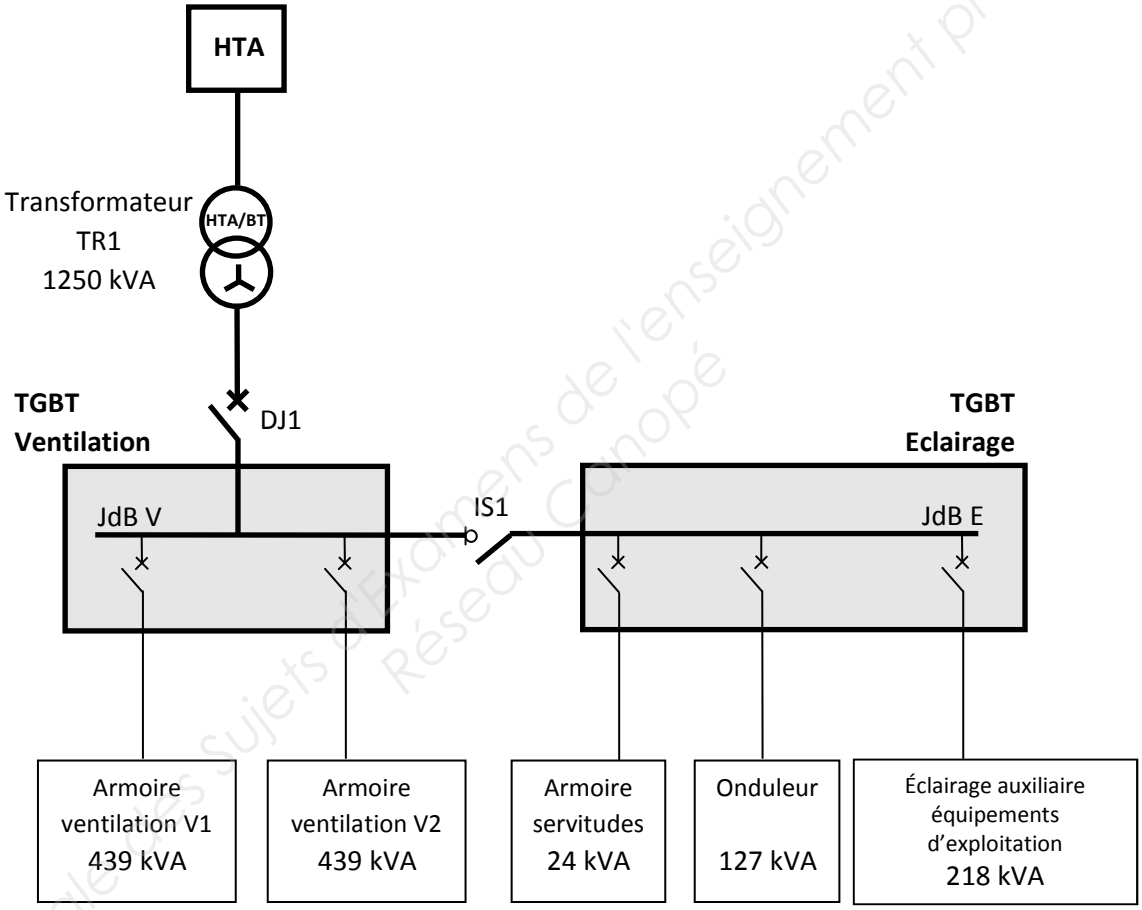


Figure 6 : schéma unifilaire de l'alimentation du tunnel

D.1.1. On fait l'hypothèse que l'on peut ajouter les puissances apparentes des différents éléments. Calculer alors la puissance apparente maximale, S_{MAX}, de l'installation.

D.1.2. Vérifier que la puissance nominale du transformateur permet le fonctionnement de l'installation en absence de délestage.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

D.2. Modélisation du transformateur triphasé.

Caractéristiques du transformateur fournies par le constructeur :

Transformateur de distribution à huile minérale		
Puissance	kVA	1250
Tension primaire de service	kV	20
Tension secondaire à vide	V	410
Fréquence	Hz	50
Nombre de phases		3
Couplage		Dyn11

D.2.1. À l'aide des caractéristiques du transformateur, déterminer :

- le rapport de transformation du transformateur triphasé ;
- la valeur efficace nominale I_{1N} de l'intensité des courants de ligne au primaire ;
- la valeur efficace nominale I_{2N} de l'intensité des courants de ligne au secondaire.

D.2.2. Essai en court-circuit sous tension primaire réduite.

Le procès-verbal d'essais du transformateur contient les informations suivantes relatives à l'essai en court-circuit :

$U_{1CC\%}$= 6 % I_{1CC} = 36,1 A P_{1CC}= 17,0 kW

$U_{1CC\%}$ correspond au pourcentage de la tension nominale primaire appliquée durant l'essai en court-circuit.

D.2.2.1. Calculer la valeur efficace de la tension primaire U_{1CC} utilisée pour l'essai en court-circuit.

D.2.2.2. Que représente la puissance absorbée par le primaire durant l'essai en court-circuit ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

On représente, figure 7, le schéma équivalent par phase du transformateur ramené au secondaire :

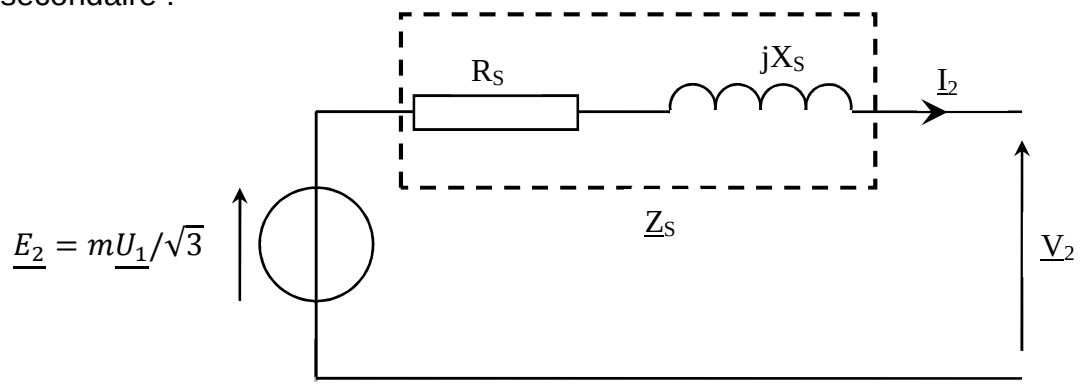


Figure 7 : schéma équivalent par phase du transformateur ramené au secondaire

- R_S résistance équivalente "vue" du secondaire en Ω ;
- X_S réactance de fuite "vue" du secondaire en Ω ;
- $\underline{Z_S}$ impédance équivalente "vue" du secondaire en Ω ;
- $\underline{I_2}$ courant de ligne du secondaire en A ;
- $\underline{E_2}$ tension simple à vide en V ;
- m rapport de transformation industriel ;
- $\underline{V_2}$ tension simple en charge en V.

D.2.2.3. À l'aide de l'essai en court-circuit, déterminer les valeurs de R_S et Z_S (module de $\underline{Z_S}$).

Pour la suite, on considère que la valeur de l'impédance ramenée au secondaire du transformateur, vaut : $Z_S = 8\ m\Omega$.

D.3. Courant de court-circuit sous tension primaire nominale.

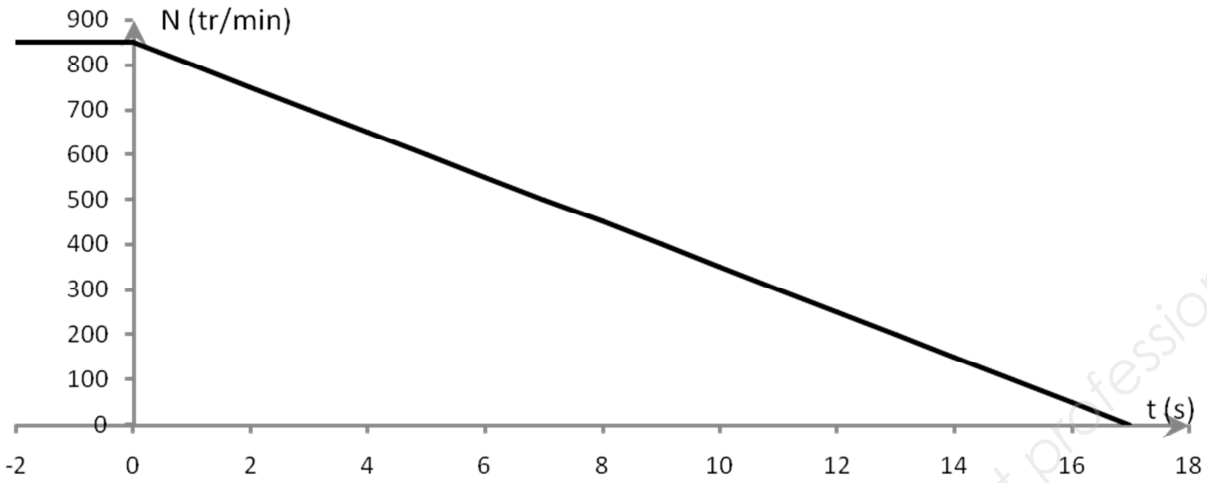
La connaissance du courant de court-circuit est nécessaire pour le dimensionnement des organes de sécurité. Le disjoncteur DJ1 placé au secondaire du transformateur triphasé (voir figure 6) doit avoir un pouvoir de coupure bien supérieur à l'intensité du courant de court-circuit au secondaire.

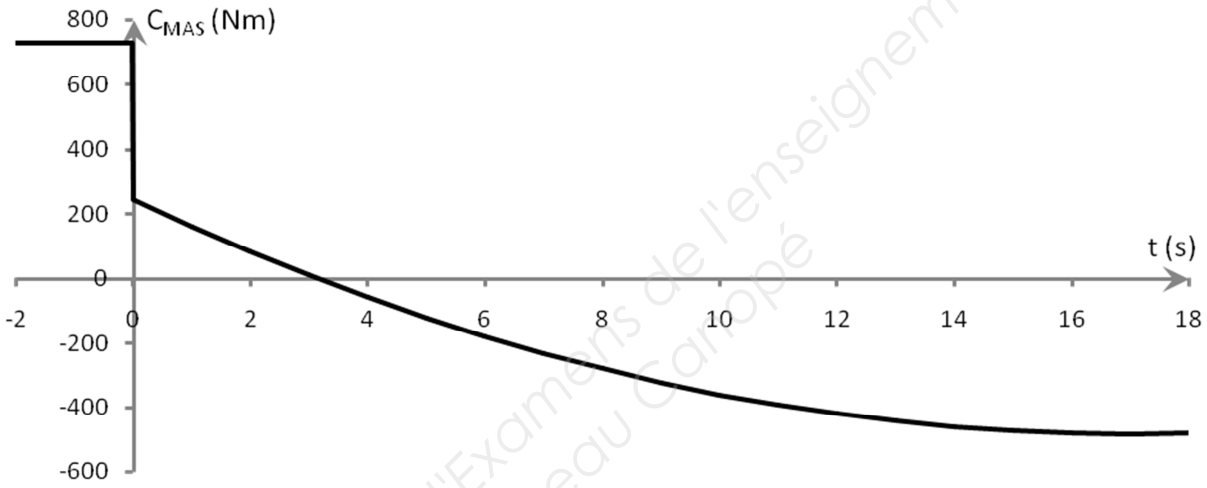
D.3.1. Le transformateur étant alimenté sous tension primaire nominale, calculer l'intensité théorique I_{2CCn} du courant au secondaire en court-circuit.

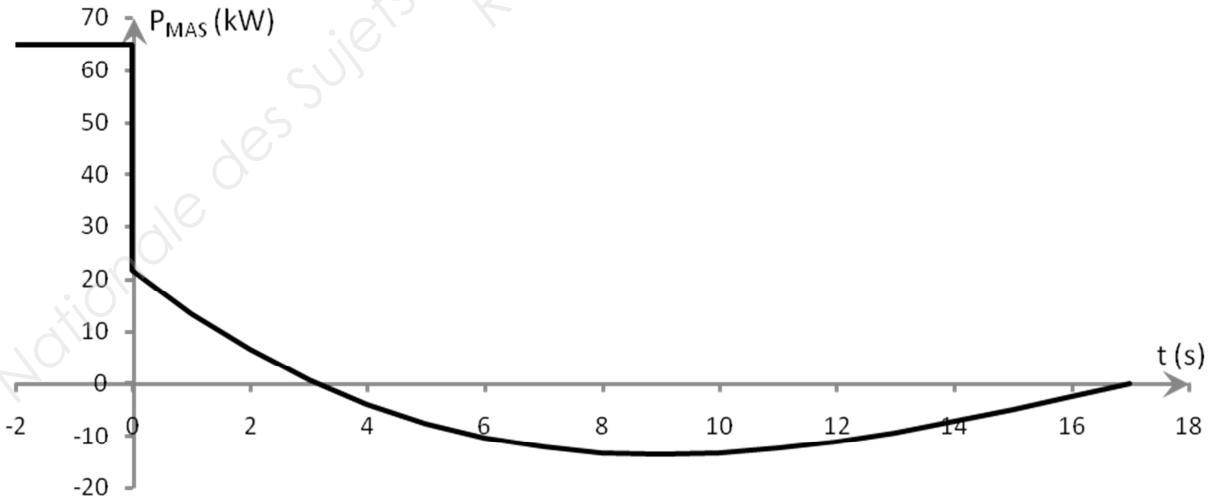
D.3.2. Parmi les intensités suivantes 50 kA, 65 kA, 100 kA, quels pouvoirs de coupure du disjoncteur DJ1, placé au secondaire du transformateur, peut-on choisir ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

ANNEXE 1



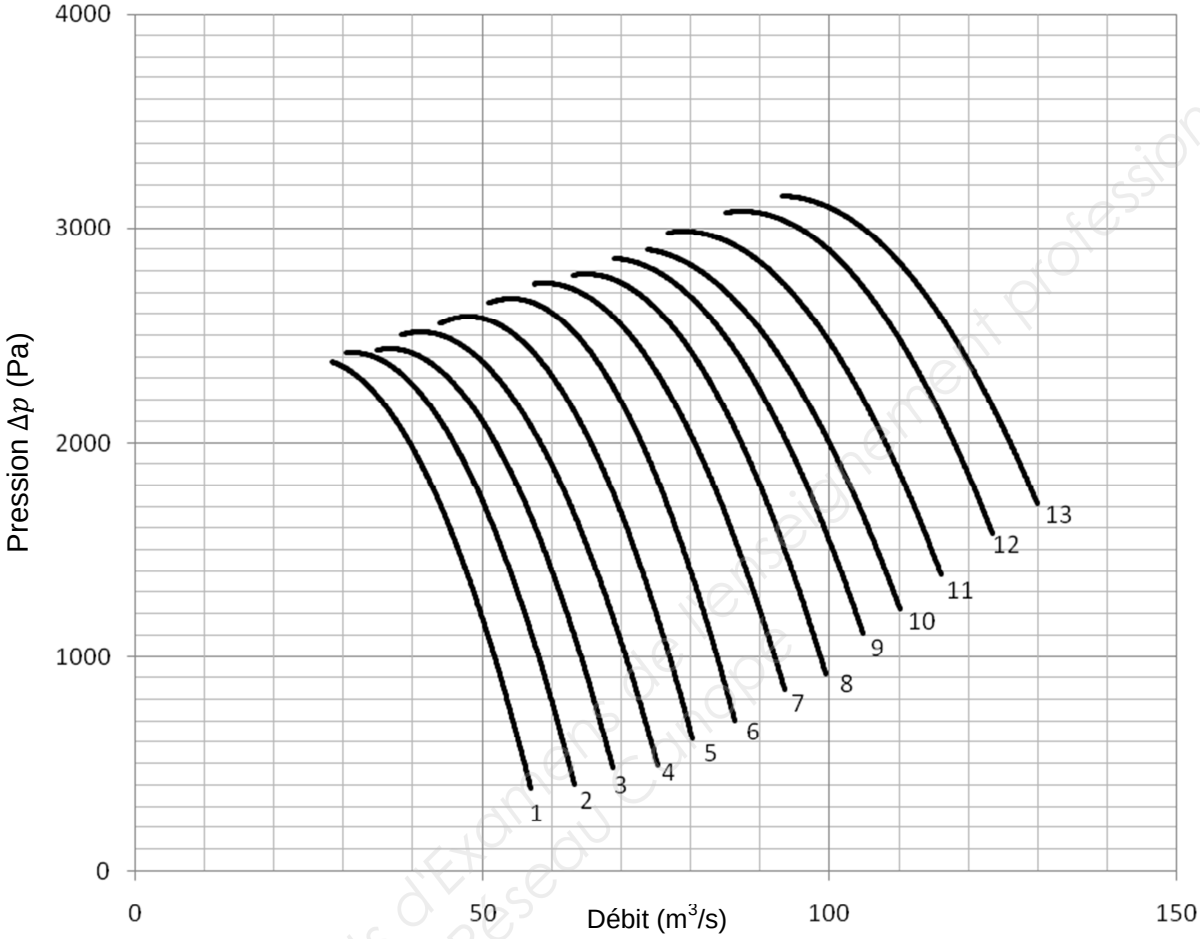


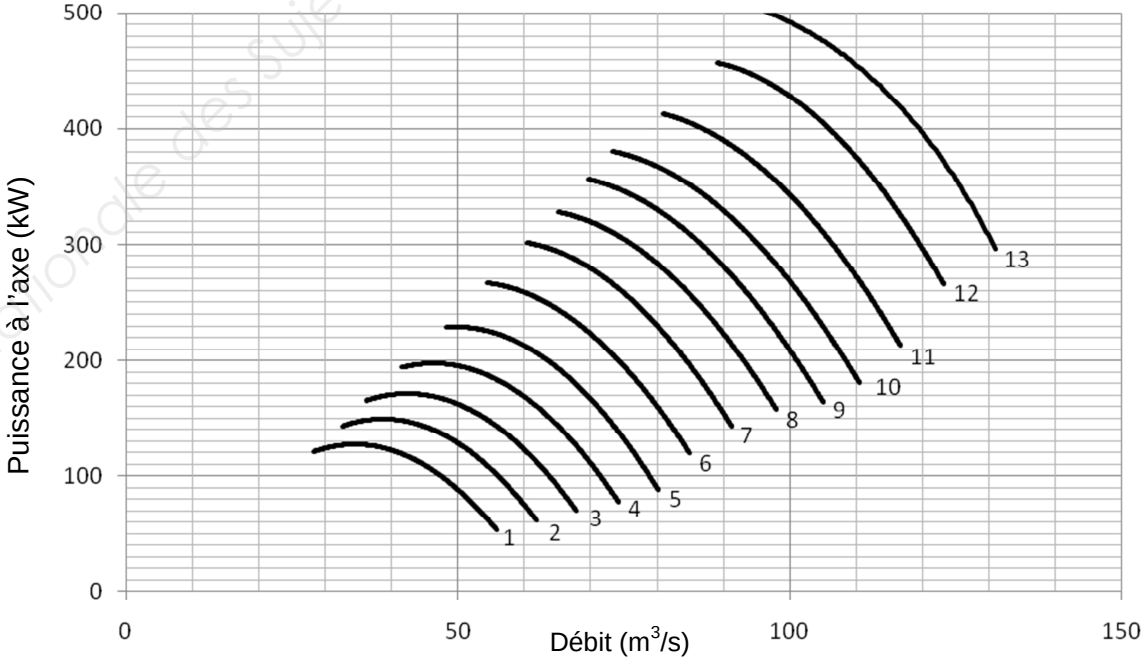


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Document réponse 1

Courbes caractéristiques de fonctionnement du ventilateur

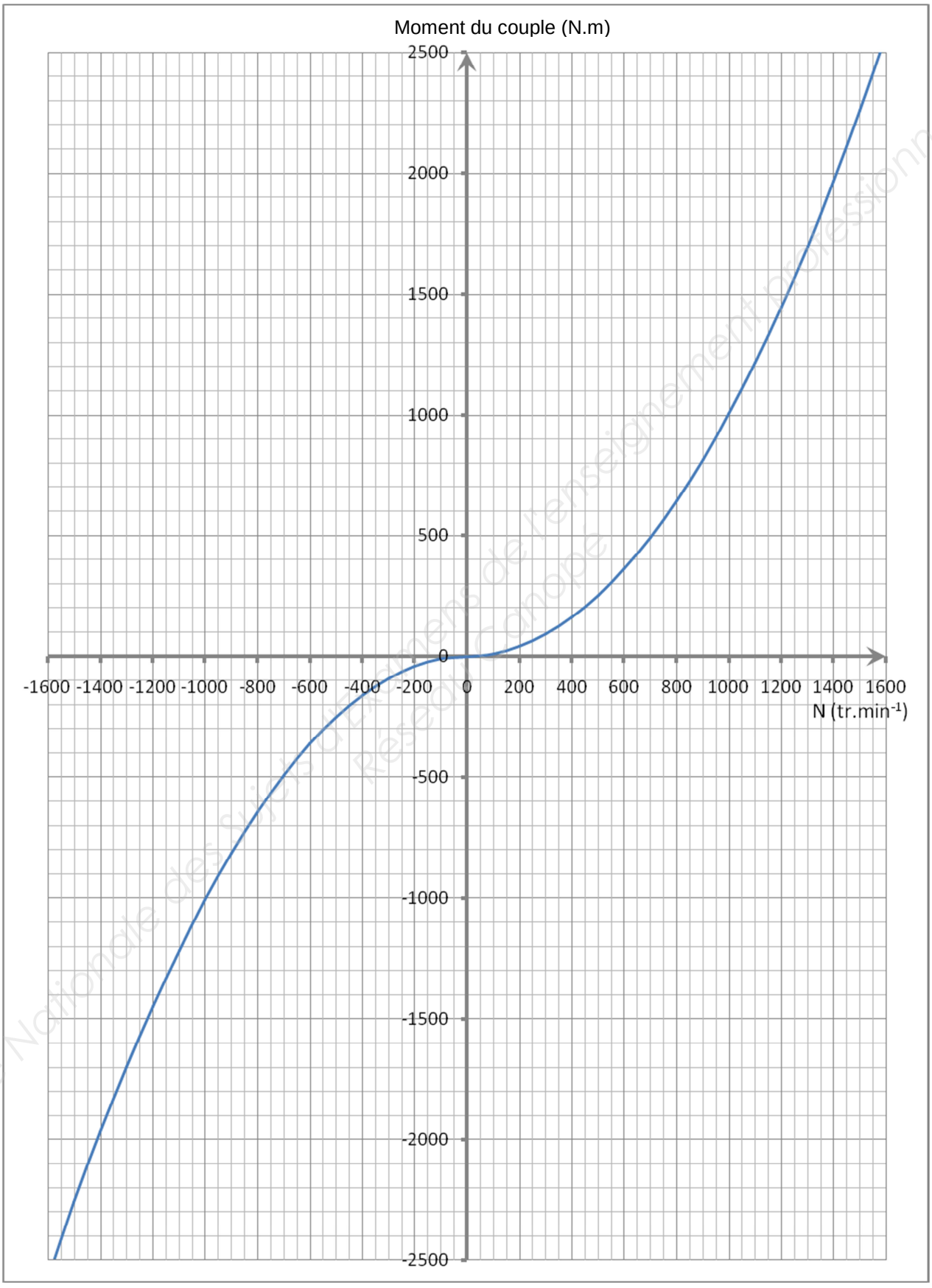




Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Document réponse 2

Caractéristique mécanique du ventilateur

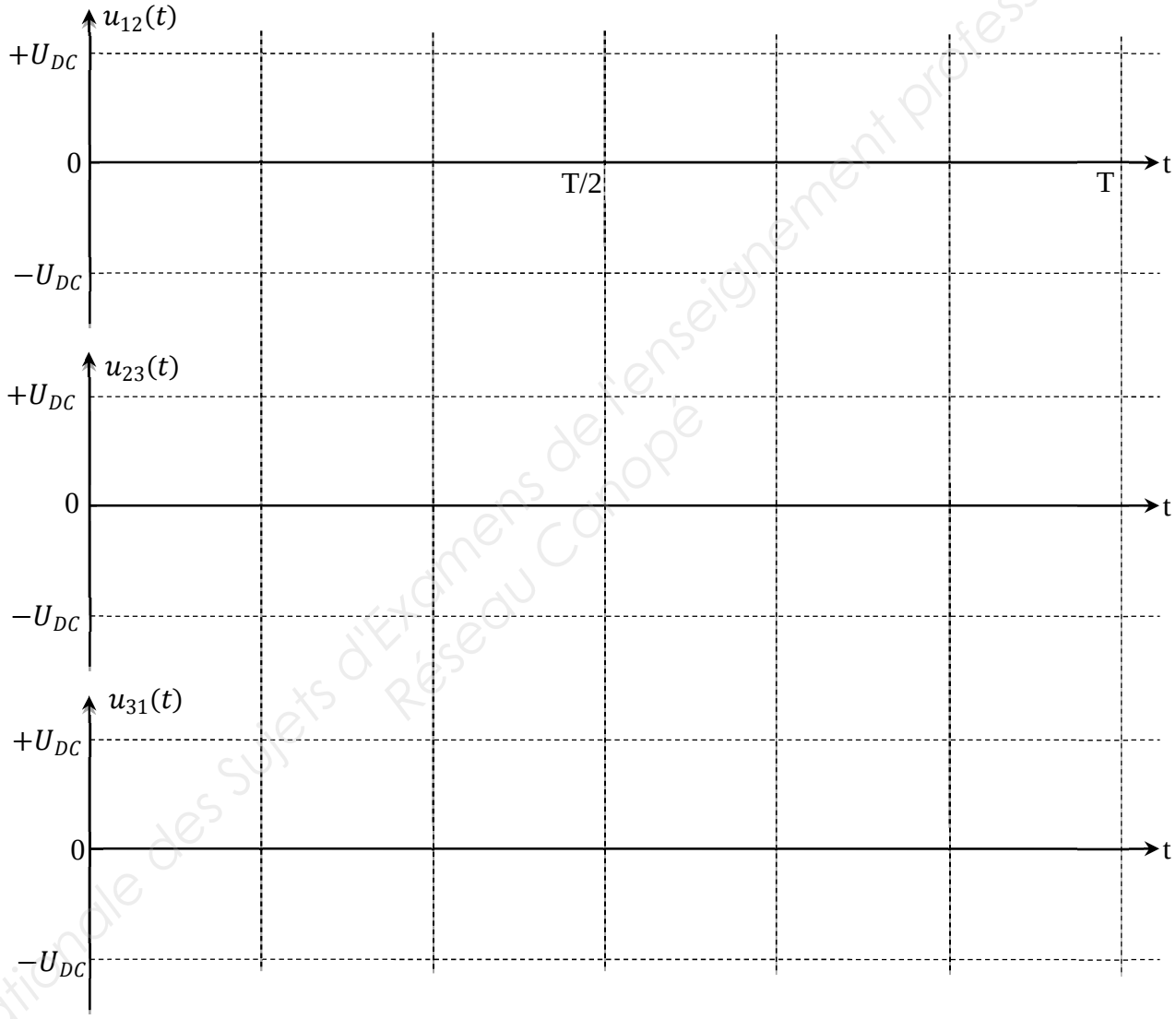


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Document réponse 3

Mode désenfumage : chaque interrupteur est commandé à la fermeture pendant l'intervalle de temps grisé.

T_1						
T_2						
T_3						
T_4						
T_5						
T_6						



Ventilation sanitaire : hachurer les intervalles de conduction permettant l'inversion du sens de rotation.

T_1						
T_2						
T_3						
T_4						
T_5						
T_6						

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

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.

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.