



**MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE,  
DE LA JEUNESSE  
ET DES SPORTS**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Concours externe du Caplp et Cafep-Caplp**

**Section mathématiques – physique chimie**

**Exemple de sujet pour l'épreuve écrite disciplinaire appliquée**

*À compter de la session 2022, les épreuves du concours externe du Caplp et du Cafep-Caplp sont modifiées.*

*[L'arrêté du 25 janvier 2021](#), publié au journal officiel du 29 janvier 2021, fixe les modalités d'organisation du concours et décrit le nouveau schéma des épreuves.*

## Thème d'étude : Transport et distribution de l'énergie électrique

### Contexte pédagogique du sujet

Un professeur de mathématiques – physique-chimie a en charge des classes de baccalauréat professionnel Métiers de l'Électricité et de ses Environnements Connectés (MÉLEC). Ses collègues de spécialité lui proposent une situation professionnelle qu'ils pensent pouvoir être exploitée en mathématiques et en physique-chimie ainsi que le descriptif des tâches correspondantes, issues du référentiel des activités professionnelles.

Le professeur s'interroge sur la possibilité d'exploiter cette situation professionnelle en mathématiques et en physique-chimie, en classes de première et de terminale MÉLEC. Cette spécialité de baccalauréat professionnel est rattachée en mathématiques au groupement A et en physique-chimie au groupement 2.

### Structure du sujet

Le sujet est constitué d'un « dossier documentaire » et d'un « travail à réaliser par le candidat », adaptés à l'enseignement des mathématiques et de la physique-chimie en lycée professionnel. Il permet au candidat :

- de montrer sa maîtrise d'un corpus de savoirs disciplinaires et didactiques ;
- de mobiliser ses savoirs dans le but de présenter, analyser et critiquer des solutions pédagogiques répondant à des situations données ;
- de montrer ses capacités à s'approprier et analyser les informations fournies ;
- de montrer sa capacité à communiquer par écrit de manière précise et adaptée, tant dans l'utilisation de la langue française que dans l'utilisation du langage scientifique (utilisation d'un vocabulaire précis et adapté, maîtrise de l'écriture des résultats numériques).

### Dossier documentaire

Il est organisé autour de trois collections de documents liés au thème du sujet :

- **collection 1** : documentation scientifique et technique liée au thème du sujet (pages 3 à 5) ;
- **collection 2** : textes réglementaires (pages 6 à 9) ;
- **collection 3** : documents supports à l'enseignement et productions d'élèves (pages 10 à 13).

### Travail à réaliser par le candidat (pages 14 à 18)

Structuré en différentes parties et sous-parties largement indépendantes les unes des autres, le sujet s'appuie sur un ensemble de questionnements permettant au candidat de mobiliser des savoirs disciplinaires et didactiques.

Les références au « Dossier documentaire » peuvent être précisées ou non dans le questionnement.

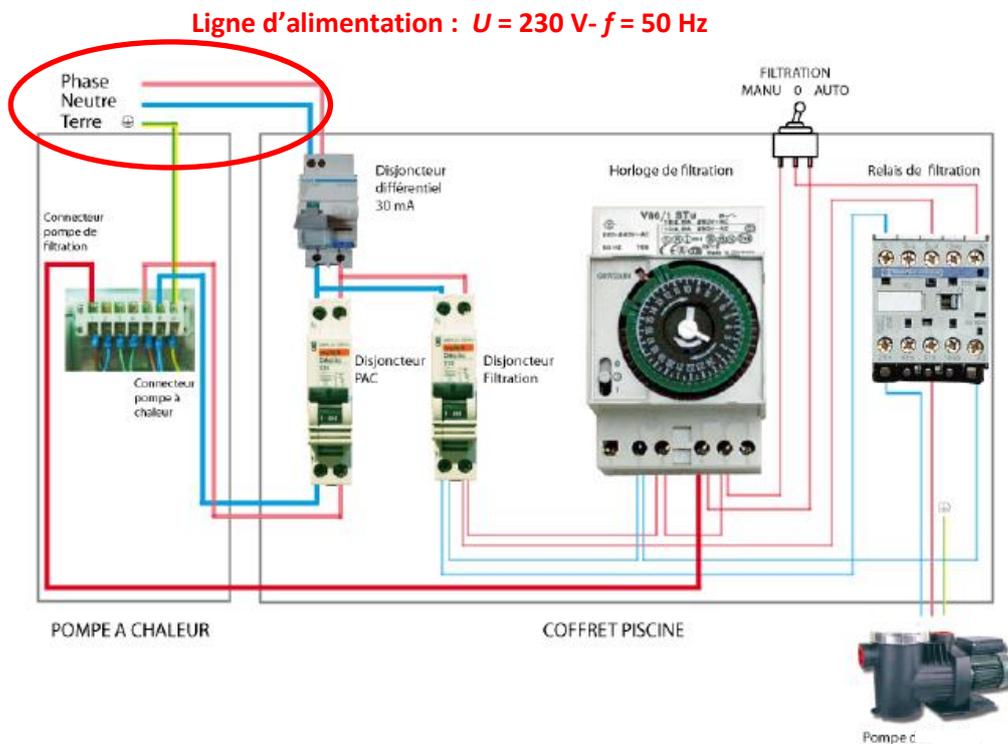
Le cas échéant, le candidat indique dans ses réponses les références des documents sur lesquels il s'appuie.

# DOSSIER DOCUMENTAIRE

## Collection 1 : Documentations scientifiques et techniques

### Document 1.1 : Dossier technique de l'installation électrique de la piscine

#### A. Schéma du circuit

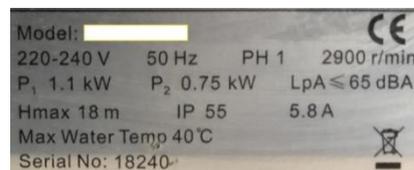


#### B. Caractéristiques de la pompe à chaleur

Caractéristiques	Unités	Valeurs
Puissance consommée	kW	2,35
Niveau sonore à 1 mètre	dB(A)	48
Caractéristiques électriques	V / Ph / Hz	230 / 1 / 50
Intensité nominale chauffage	A	11,6
Intensité nominale refroidissement	A	8

#### C. Plaque signalétique de la pompe de filtration

$P_1$  est la puissance électrique consommée par la pompe,  
 $P_2$  est la puissance disponible sur l'arbre.



## D. La norme NF C 15-100

Le bon fonctionnement d'un équipement électrique est lié à une alimentation présentant une tension adéquate. Cette alimentation doit posséder une section limitant les chutes de tension en ligne. La norme électrique NF C 15-100 précise la chute de tension à ne pas dépasser entre l'origine de l'installation et tout point d'utilisation en fonction du type d'installation et du récepteur.

Si la chute de tension est supérieure aux valeurs limites admises, il y a lieu d'augmenter la section des conducteurs jusqu'à ce que la chute de tension devienne inférieure aux valeurs prescrites.

Lorsque les canalisations principales de l'installation ont une longueur supérieure à 100 m, les valeurs limites admises des chutes de tension peuvent être augmentées de 0,005 % par mètre au-delà de 100 m, sans que ce supplément ne dépasse lui-même 0,5 %.

Valeurs limites admises de chute de tension		
Branchement	Eclairage	Autres usages
Branchement BT à partir du réseau de distribution public	3 %	5 %
Branchement par poste de livraison ou poste de transformation à partir d'un réseau HT	6 %	8 %

Ces valeurs de chutes de tension s'appliquent en fonctionnement normal, sans tenir compte d'appareils pouvant générer des courants d'appel importants et des chutes de tension au démarrage comme les moteurs.

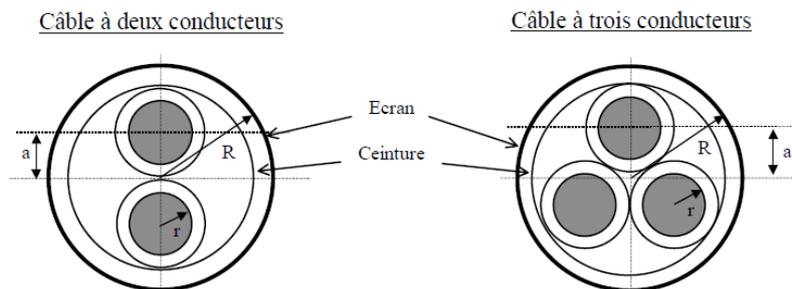
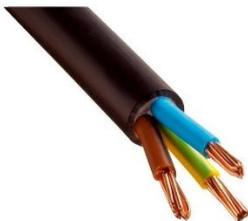
### Document 1.2 : Caractéristiques du cuivre utilisé pour les câbles (métal non parfaitement pur)

	CUIVRE
Masse volumique	8,8 kg.dm <sup>-3</sup>
Résistivité électrique	2,2×10 <sup>-8</sup> Ω.m à 90°C (*)
Conductivité thermique	384 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Capacité thermique massique	394 J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Température de fusion	1 083 °C

(\*) Température maximum admissible

### Document 1.3 : Caractéristiques du câble de la ligne d'alimentation

Le câble utilisé pour la ligne est soit du U1000-R2V-3G2.5 (2,5 mm<sup>2</sup>) ou du U1000-R2V-3G6 (6mm<sup>2</sup>).



Pour la situation proposée à un élève, bien qu'utilisant du câble à trois conducteurs, on considèrera la valeur de a d'un câble à deux conducteurs (le fil de terre ne transporte pas d'énergie électrique en fonctionnement normal). La formule donnant l'inductance linéique est alors :

$$L = 0,05 + \ln\left(\frac{2a}{r}\right) \quad \text{en } \mu\text{H/m}$$

avec  $a = r + 1 \text{ mm}$

## Document 1.4 : La galvanisation à chaud (d'après la thèse de Richard Fourmentin, Lille 1, 2004)

### Aspect historique

C'est en 1741 que J. Malouin, chimiste français, découvrit l'action protectrice du revêtement de zinc sur les aciers contre la corrosion environnante, sans toutefois en comprendre le mécanisme.

Il faut attendre 1837 pour qu'un ingénieur français du nom de Sorel dépose le brevet de la galvanisation à chaud. Il utilise alors le terme de "galvanisation" en référence au courant galvanique qui protège l'acier lorsque le revêtement en zinc est interrompu. C'est en 1847 que la première usine est construite en Allemagne à Solingen. A cette époque les tôles d'acier sont au préalable nettoyées avec du sel afin d'éliminer les oxydes de fer formés en surface, et ainsi améliorer l'adhérence du zinc sur la tôle. Cette dernière est ensuite immergée dans un bain de zinc à la température de 460°C.

### Le principe de la galvanisation à chaud

Le procédé de galvanisation à chaud consiste à tremper, après préparation, une pièce métallique, généralement des tôles en acier, dans un bain de zinc allié liquide à une température se situant entre 450°C et 460 °C (la température de fusion du zinc étant de 419 °C). Les aciers galvanisés sont utilisés dans la construction, le transport, l'agriculture et tout autre domaine où la lutte contre la corrosion est primordiale.

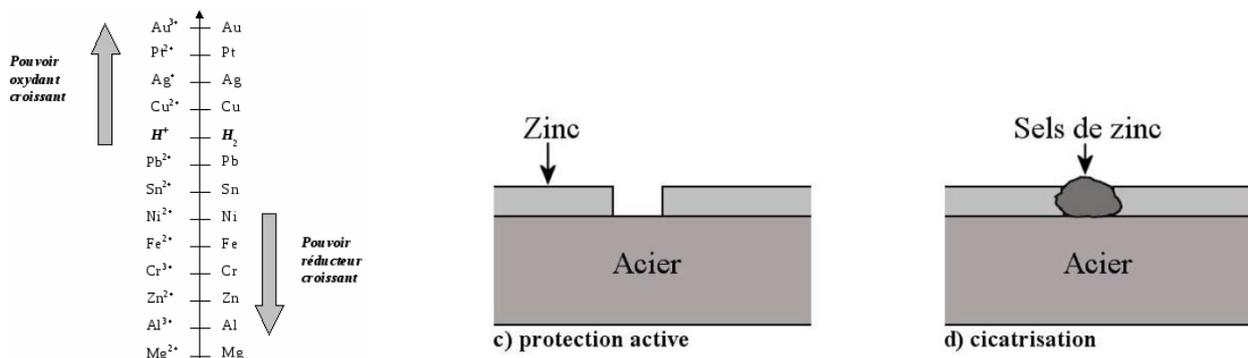
Le revêtement en zinc va protéger l'acier de 2 façons :

- comme la peinture, en jouant le rôle de *barrière de protection*,
- en fournissant *une protection galvanique ou protection cathodique*, le zinc joue alors le rôle d'anode et s'oxyde préférentiellement par rapport à l'acier.

### La protection galvanique

Grâce à son rôle sacrificiel, le zinc permet également une protection cathodique contre la corrosion (Fig. I.2). Le principe de la protection cathodique est fondé sur l'apport d'un nouvel élément plus électronégatif que l'acier dans la série galvanique (Tab. I.1). L'acier va alors tenir le rôle de la cathode (gain d'électrons) et le zinc de l'anode (perte d'électrons). Le revêtement en zinc est donc oxydé préférentiellement par rapport au substrat en acier. Le zinc est appelé dans ces conditions l'anode sacrificielle.

Cette protection cathodique présente également l'avantage de lutter contre la corrosion, aux endroits où le revêtement de zinc a subi des dommages (fissures, entailles) ou présente des défauts de discontinuités. Ainsi la présence d'humidité à proximité d'une entaille dans le revêtement, permet la formation d'une pile, pour laquelle l'acier joue le rôle de la cathode et le zinc de l'anode. Le zinc est alors oxydé selon la cinétique de la réaction cathodique. Cette cinétique définira la durée de la protection galvanique. Différents produits de corrosion issus de l'oxydation du zinc peuvent se former suivant les conditions environnantes : oxydes, hydroxydes, hydrocarbonates. Ces produits auront dans un premier temps un effet "protecteur", mais mèneront à terme à une détérioration du revêtement, Fig. II.2.d.



# DOSSIER DOCUMENTAIRE

## Collection 2 : textes réglementaires et officiels

### Document 2.1 : Extraits des programmes de physique-chimie en classes de première et terminale professionnelles

		<b>Programmes 1ère et Tale Baccalauréat Professionnel</b>											
		G1		G2		G3		G4		G5		G6	
		1re	Tle	1re	Tle	1re	Tle	1re	Tle	1re	Tle	1re	Tle
<b>ÉLECTRICITÉ</b>	Distinguer énergie et puissance électrique	1		1		1		1		1		1	
	Transporter l'énergie sous forme électrique	1		1			T						T
	Évaluer la puissance consommée par un appareil électrique		T	1		1			T				
	Caractériser un champ magnétique			1									
	Obtenir un courant continu à partir d'un courant alternatif et inversement		T		T								
	Obtenir de l'énergie mécanique à l'aide d'un moteur électrique synchrone ou asynchrone		T										
	Caractériser le réseau triphasé				T								
	Obtenir de l'énergie électrique par induction électromagnétique				T								
<b>CHIMIE</b>	Stocker l'énergie à l'aide d'un système électrochimique				T		T		T		T		T
	Caractériser quantitativement une solution aqueuse	1		1		1		1		1		1	
	Décrire la matière à l'échelle macroscopique									1			
	Modéliser la matière à l'échelle microscopique									1			
	Prévoir une réaction d'oxydoréduction et protéger les métaux contre la corrosion		T		T		T		T	1			T
	Caractériser une solution acido-basique										T		T
	Réaliser des analyses physico-chimiques.										T		
	Réaliser des synthèses en chimie organique										T		
Déterminer l'action d'un détergent ou d'un savon										T			
Synthétiser et identifier les matières plastiques recyclables												T	

### Transporter l'énergie sous forme électrique

Capacités	Connaissances
Représenter le schéma simplifié d'un réseau de distribution d'énergie électrique à l'échelle d'un pays et d'une installation domestique.	Connaître la relation reliant puissance électrique dissipée par effet Joule, résistance et valeur efficace de l'intensité ou de la tension.
Justifier l'intérêt du transport d'énergie électrique à grande distance sous haute tension.	Savoir que l'effet Joule est responsable des pertes en ligne dans le transport et la distribution de l'électricité.
Mettre en évidence expérimentalement le rôle d'abaisseur ou d'élevateur de tension d'un transformateur.	Connaître le rôle des transformateurs dans les réseaux de distribution d'énergie électrique ou dans les appareils électriques d'utilisation courante.

### Obtenir de l'énergie électrique par induction électromagnétique

Capacités	Connaissances
Produire expérimentalement une tension alternative dans un circuit fixe soumis à un champ magnétique variable dans le temps.	Savoir que par induction électromagnétique, une variation temporelle de champ magnétique produit une tension électrique dans un circuit immobile.
Produire expérimentalement une tension alternative dans un circuit mobile soumis à un champ magnétique constant dans le temps.	Savoir que par induction électromagnétique un circuit mobile ou déformable dans un champ magnétique indépendant du temps est le siège d'une tension électrique.
Mettre en évidence la loi de Lenz dans une expérience d'induction électromagnétique.	Savoir que les effets des courants induits s'opposent à la cause qui leur a donné naissance (loi de Lenz).
	Savoir qu'un alternateur transforme de l'énergie mécanique en énergie électrique avec un rendement énergétique inférieur à 1.

<b>Prévoir une réaction d'oxydoréduction et protéger les métaux contre la corrosion</b>	
<b>Capacités</b>	<b>Connaissances</b>
<p>Classer expérimentalement des couples oxydant/réducteur.</p> <p>Écrire l'équation de réaction modélisant une transformation d'oxydoréduction à partir de deux demi-équations de réaction.</p> <p>Identifier l'oxydant et le réducteur dans une transformation d'oxydoréduction d'équation de réaction donnée.</p> <p>Prévoir à partir d'une classification électrochimique qualitative, le sens d'évolution spontané d'une transformation d'oxydoréduction.</p>	<p>Savoir qu'une réduction est un gain d'électrons et qu'une oxydation est une perte d'électrons.</p> <p>Savoir qu'une transformation d'oxydoréduction est une réaction dans laquelle intervient un transfert d'électrons.</p> <p>Savoir qu'il est possible d'établir une classification électrochimique des couples oxydant/réducteur et connaître son intérêt (prévision de réaction redox entre un oxydant et un réducteur donné, écriture de l'équation de réaction modélisant la transformation d'oxydoréduction).</p> <p>Savoir qu'une réaction d'oxydoréduction spontanée se produit entre l'oxydant le plus fort et le réducteur le plus fort.</p>
<p>Réaliser expérimentalement et interpréter une transformation d'oxydoréduction en lien avec la corrosion d'un métal.</p> <p>Illustrer au moyen d'une expérience la passivation d'un métal.</p> <p>Mettre en évidence expérimentalement la protection d'un métal par la méthode d'anode sacrificielle.</p>	<p>Savoir qu'un métal peut être oxydé par le dioxygène de l'air.</p> <p>Savoir que la couche d'oxyde formée sur un métal peut ralentir son oxydation (phénomène de passivation).</p> <p>Savoir qu'un métal peut être protégé par un autre métal plus réducteur (protection par anode sacrificielle).</p>

Classe de première :

- Fonction dérivée et étude des variations d'une fonction (groupements A, B et C)

Capacités	Connaissances
Construire en un point la tangente à la courbe représentative d'une fonction $f$ à l'aide d'outils numériques.	Sécantes à une courbe passant par un point. Tangente à une courbe en un point.
Déterminer, par une lecture graphique, lorsqu'il existe, le nombre dérivé d'une fonction $f$ en l'abscisse d'un point de la courbe représentative de cette fonction.	Nombre dérivé.
Construire en un point la tangente à la courbe représentative d'une fonction $f$ connaissant le nombre dérivé en ce point. Écrire l'équation réduite de la tangente à une courbe en un point lorsqu'elle existe.	Équation réduite de la tangente à une courbe en un point.
Utiliser les formules et les règles de dérivation pour déterminer la dérivée d'une fonction polynôme de degré inférieur ou égal à 2.	Fonction dérivée d'une fonction dérivable sur un intervalle. Notation $f'$ . Fonctions dérivées des fonctions affines et carré. Règles de dérivation : dérivée du produit d'une fonction dérivable par une constante, dérivée de la somme de deux fonctions dérivables.
Étudier, sur un intervalle donné, les variations d'une fonction à partir du calcul et de l'étude du signe de sa dérivée. Dresser son tableau de variations.	Lien entre signe de la dérivée d'une fonction sur un intervalle et sens de variation de cette fonction sur cet intervalle.
Déterminer un extremum d'une fonction sur un intervalle donné à partir de son sens de variation.	Extremum d'une fonction sur un intervalle donné. Extremum local et extremum global.
Dresser le tableau de variations d'une fonction polynôme de degré inférieur ou égal à 2.	Fonction polynôme de degré inférieur ou égal à 2.
Étudier la fonction inverse : dérivée, variations, représentation graphique. Dresser son tableau de variations.	Fonction inverse.

Classe de terminale :

- Trigonométrie (groupement A)

Capacités	Connaissances
Établir des liens entre le vecteur de Fresnel d'une tension ou d'une intensité sinusoïdale de la forme $a \sin(\omega t + \varphi)$ et la courbe représentative de la fonction qui à $t$ associe $a \sin(\omega t + \varphi)$ .	Représentation de Fresnel d'une grandeur sinusoïdale.
Résoudre les équations de la forme : $\cos x = a$ , $\sin x = b$ sur l'intervalle $]-\pi, \pi]$ et $\sin(\omega t + \varphi) = c$ sur un intervalle approprié au contexte.	Équations de la forme $\cos x = a$ , $\sin x = b$ et $\sin(\omega t + \varphi) = c$ sur un intervalle donné.

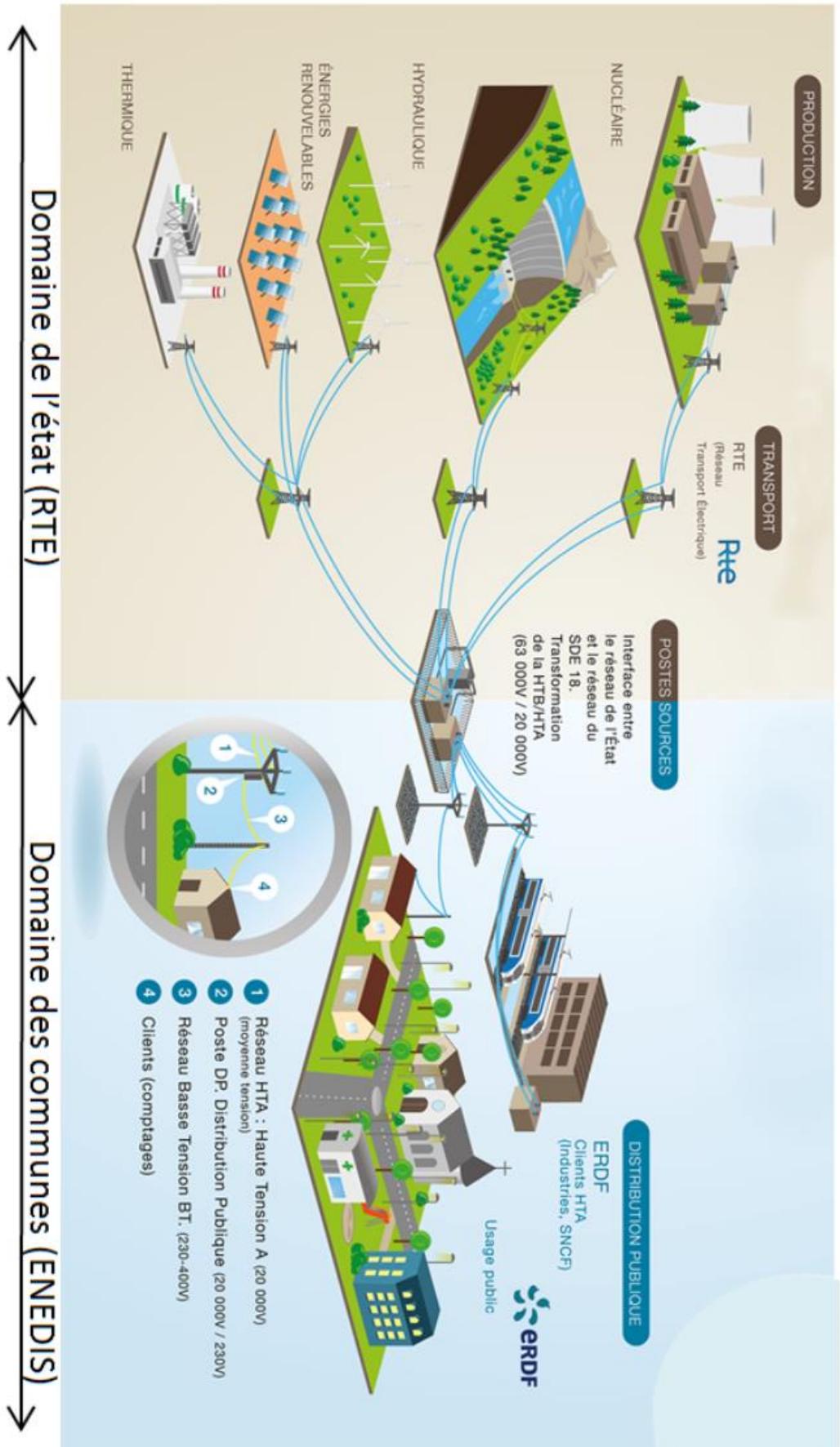
**Document 2.3 : Compétences communes aux mathématiques et à la physique-chimie travaillées en classes de première et terminale professionnelles**

Compétences	Capacités associées
<b>S'approprier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rechercher, extraire et organiser l'information.</li> <li>- Traduire des informations, des codages.</li> </ul>
<b>Analyser Raisonnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Émettre des conjectures, formuler des hypothèses.</li> <li>- Proposer une méthode de résolution.</li> <li>- Choisir un modèle ou des lois pertinentes.</li> <li>- Élaborer un algorithme.</li> <li>- Choisir, élaborer un protocole.</li> <li>- Évaluer des ordres de grandeur.</li> </ul>
<b>Réaliser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.</li> <li>- Utiliser un modèle.</li> <li>- Représenter (tableau, graphique...), changer de registre.</li> <li>- Calculer (calcul littéral, calcul algébrique, calcul numérique exact ou approché, instrumenté ou à la main).</li> <li>- Mettre en œuvre un algorithme.</li> <li>- Expérimenter – en particulier à l'aide d'outils numériques (logiciels ou dispositifs d'acquisition de données...).</li> <li>- Faire une simulation.</li> <li>- Effectuer des procédures courantes (représentations, collectes de données, utilisation du matériel...).</li> <li>- Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité à partir d'un schéma ou d'un descriptif.</li> <li>- Organiser son poste de travail.</li> </ul>
<b>Valider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploiter et interpréter les résultats obtenus ou les observations effectuées afin de répondre à une problématique.</li> <li>- Valider ou invalider un modèle, une hypothèse en argumentant.</li> <li>- Contrôler la vraisemblance d'une conjecture.</li> <li>- Critiquer un résultat (signe, ordre de grandeur, identification des sources d'erreur), argumenter.</li> <li>- Conduire un raisonnement logique et suivre des règles établies pour parvenir à une conclusion (démontrer, prouver).</li> </ul>
<b>Communiquer</b>	<p>À l'écrit comme à l'oral :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rendre compte d'un résultat en utilisant un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;</li> <li>- expliquer une démarche.</li> </ul>

# DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 3 : documents supports à l'enseignement et productions d'élèves

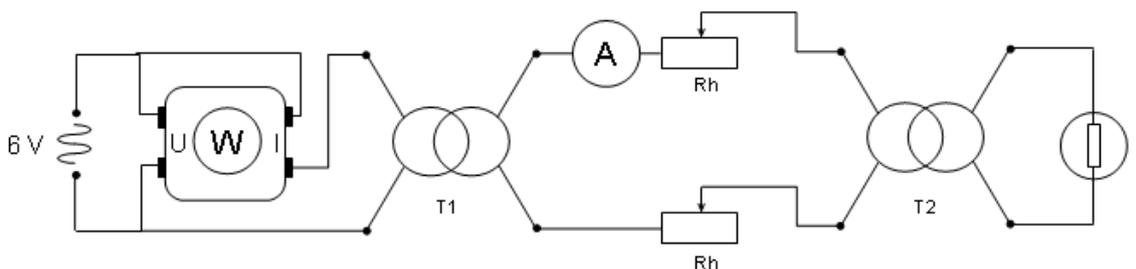
## Document 3.1 : Le réseau électrique français



La Haute Tension B ou HTB est réservée au réseau de transport d'électricité, exploité en France par RTE. Les tensions électriques correspondantes varient de 50 000 volts (50 kV) à 400 000 volts (400 kV).

**Document 3.2 : Extrait d'une évaluation certificative**

**B.3** Réaliser le montage avec **une partie** seulement du matériel mis à disposition.



**B.4** Régler les rhéostats Rh sur  $R = 5 \Omega$  et compléter la colonne ① du tableau en précisant les unités.

	①	②
	Mesures avec T1 et T2	Mesures sans T1 et T2
Puissance fournie par le générateur <i>(lue sur le wattmètre)</i>	$P_G = \dots \mathbf{9,3 \text{ W}} \dots$	$P_G = \mathbf{3,5 \text{ W}} \dots$
Intensité du courant dans les lignes <i>(lue sur l'ampèremètre)</i>	$I = \dots \mathbf{0,12 \text{ A}} \dots$	$I = \dots \mathbf{0,5 \text{ A}} \dots$
Puissance perdue par effet Joule dans les lignes. <i>(<math>P_J = 2RI^2</math>)</i>	$P_J = \dots \underline{\hspace{2cm}} \dots$	$P_J = \dots \underline{\hspace{2cm}} \dots$
Rapport des puissances <i>(à exprimer en %)</i>	$\frac{P_J}{P_G} = \dots \dots \dots \%$	$\frac{P_J}{P_G} = \dots \dots \dots \%$

**B.5** Retirer T1 et T2 du montage puis compléter la colonne ② du tableau en précisant les unités.

**B.6 Conclusion :** En tenant compte des résultats obtenus dans la dernière ligne du tableau, rédiger une conclusion montrant l'intérêt de transporter l'électricité à haute tension ?

.....

.....

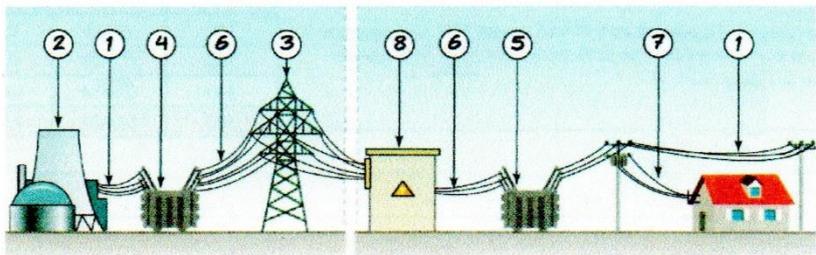
.....

.....

**Document 3.3 : Copie d'un élève**

**Exercice 1**

Voici une représentation simplifiée d'un réseau de transport et de distribution de l'électricité où le repère ⑧ indique un répartiteur qui ne change pas la valeur de la tension entre son entrée et sa sortie.



1. Dire à quel type de centrale semble correspondre la centrale repérée ②.

*une centrale nucléaire*

2. Indiquer à quel repère on peut trouver : une ligne BT : ..... 7 ..... une ligne HTA : ..... 1 ..... une ligne HTB : ..... 6 .....

3. Préciser le rôle des transformateurs repérés ④ et ⑤.

*augmenter et diminuer la tension*

4. Justifier pourquoi, sur de grandes distances, l'électricité est transportée sous très haute tension.

*c'est pour limiter les pertes*

5. Nommer la grandeur physique responsable.

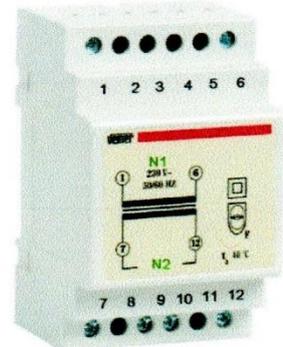
*la longueur des lignes*

6. En déduire le nom du phénomène physique dont on cherche à diminuer l'influence avec le transport à très haute tension.

*c'est l'effet joule*

**Exercice 2**

On souhaite vérifier à quel type de transformateur correspond celui ci-contre lorsqu'on l'utilise entre les bornes repérées N1 et N2 (on veut connaître son rôle). On considère donc l'entrée N1 qui est reliée à la source d'énergie et la sortie N2.



1. Proposer un protocole expérimental permettant de vérifier à quel type correspond ce transformateur.

Schéma du dispositif	Description du protocole
	<p><i>je fais le montage et je mesure U1 et U2 puis je calcule <math>\frac{U_2}{U_1}</math></i></p>

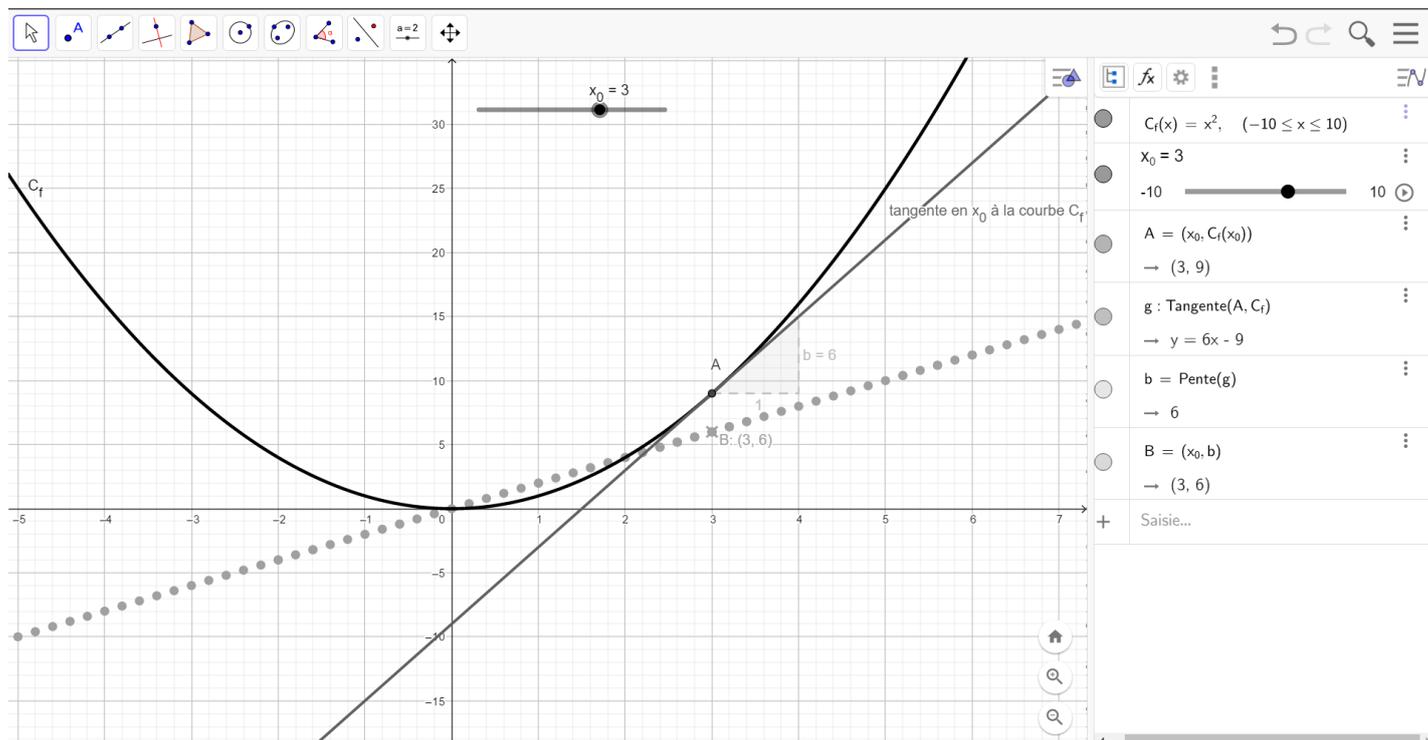
2. Des mesures ont donné  $U_1 = 233 \text{ V}$  et  $U_2 = 24,1 \text{ V}$ . Calculer le rapport de transformation  $m$  du transformateur.

*$\frac{U_2}{U_1} = \frac{24,1}{233} = 0,103 \text{ V}$*

3. En déduire son rôle si on l'utilise entre les bornes repérées N1 et N2. Justifier la réponse.

*c'est un transformateur qui diminue la tension*

Document 3.4 : Copie d'écran du fichier nommé « conjecture » réalisé avec le logiciel GeoGebra



# TRAVAIL À RÉALISER PAR LE CANDIDAT

## Situation professionnelle proposée au professeur de mathématiques – physique-chimie par ses collègues de spécialité

Le propriétaire d'une villa envisage l'installation d'une piscine chauffée assez éloignée de son habitation. Afin d'alimenter la pompe de filtration et la pompe à chaleur, une ligne d'alimentation électrique monophasée doit être déployée depuis le tableau principal de la villa jusqu'au local technique accolé à la piscine.

Le technicien chargé du projet doit dimensionner la section des câbles de cette ligne ( $2,5 \text{ mm}^2$  ou  $6 \text{ mm}^2$ ) en prenant en compte trois critères : le coût d'installation (plus élevé pour une large section), les pertes en ligne et la consommation électrique des pompes.

La longueur de chaque câble est estimée à 50 m et le dossier technique (schéma électrique et caractéristiques des pompes) est donné sur le **document 1.1**.

**Problématique** : Quelle est la section des câbles la plus adaptée conformément à la norme NF C 15-100 ?

## Tâches professionnelles issues du Référentiel des Activités Professionnelles (RAP) du baccalauréat professionnel MÉLEC

Activités	Tâches Professionnelles
A1 - Préparation	<i>T 1-1 : prendre connaissance du dossier relatif aux opérations à réaliser, le constituer pour une opération simple</i> <i>T 1-3 : vérifier et compléter si nécessaire la liste des matériels, équipements et outillages nécessaires aux opérations</i>
A3 - Mise en service	<i>T 3-1 : réaliser les vérifications, les réglages, les paramétrages, les essais nécessaires à la mise en service de l'installation</i>

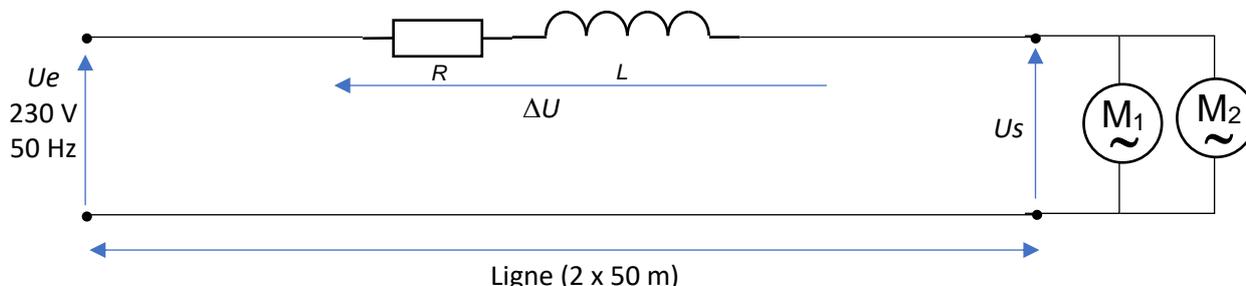
### Partie 1 : Appropriation de la situation professionnelle par une étude physique

L'objectif de cette partie est de s'approprier la situation professionnelle en la simplifiant de la façon suivante :

- la capacité linéique des câbles et les pertes diélectriques sont négligées ;
- les contraintes de démarrage des moteurs (intensités et facteurs de puissance) ne sont pas prises en compte ;
- la chute de tension correspond à la valeur efficace de  $\Delta U$  (voir schéma ci-dessous).

Ces simplifications n'ont aucune conséquence sur le résultat attendu.

Le schéma équivalent du circuit est :



$R$  représente la résistance de la ligne et  $L$  son inductance.

$M_1$  désigne le moteur de la pompe à filtration et  $M_2$  le moteur de la pompe à chaleur.

1. Montrer à partir de la loi d'Ohm locale, que pour un conducteur rectiligne de section  $S$ , de longueur  $l$  et soumis à une tension  $u$ , on a  $R = \rho l/S$  où  $\rho$  représente la résistivité, en  $\Omega \cdot m$ , du conducteur.

2. On s'appuiera sur les **documents 1.2 et 1.3**. Calculer  $R$ , en  $\Omega$ , et  $L$ , en H, pour des câbles en cuivre ayant des conducteurs de section  $2,5 \text{ mm}^2$  ou  $6 \text{ mm}^2$ .
3. Montrer, en calculant le facteur de puissance  $\cos \varphi_L$  de la ligne, que l'on peut négliger son effet inductif quel que soit, parmi les deux valeurs possibles, le diamètre des câbles choisis.
4. Dans un premier temps, on néglige  $\Delta U$  et on a donc  $U_S = 230 \text{ V}$ . Calculer les puissances active, réactive et apparente totales, notées respectivement  $P$  (en W),  $Q$  (en VAR) et  $S$  (en VA), de l'ensemble formé par les deux moteurs (chauffage et filtration) en fonctionnements simultanés.
5. En déduire que l'intensité totale  $I$  consommée par les deux moteurs est d'environ  $17,4 \text{ A}$ .
6.  $R$  étant négligeable devant la résistance équivalente des deux moteurs, on considèrera que l'intensité du courant qui circule dans la ligne a pour valeur  $I$ . Calculer  $\Delta U$ , commenter.
7. Calculer les pertes de puissance par effet Joule pour les deux sections de conducteurs.
8. En déduire le câble le plus adapté, sachant que le coût d'installation (inconnu) ne saurait être prépondérant devant le respect des normes en vigueur.

## Partie 2 : La situation professionnelle en classe de première en physique-chimie

Pour permettre aux élèves de première MÉLEC de répondre à la problématique soulevée par la situation professionnelle, le professeur organise une activité lors d'une séance de travaux pratiques.

9. Proposer une expérimentation (liste du matériel, montage expérimental et protocole) permettant d'illustrer qualitativement les pertes en ligne et la conséquence qui en découle pour le consommateur.
10. Préciser les points de vigilance à respecter dans l'activité que le professeur donnerait à ses élèves (notions à ne pas aborder, formules et valeurs à donner).
11. Lister les questions qu'il poserait dans cette activité (elle contient nécessairement une partie expérimentale et les différents calculs pourront être demandés sous la forme d'un tableau à compléter).
12. Pour chaque question proposée à la question 11., lui associer au moins une compétence (voir **document 2.3**).

## Partie 3 : La séquence correspondante en classe de première en physique-chimie

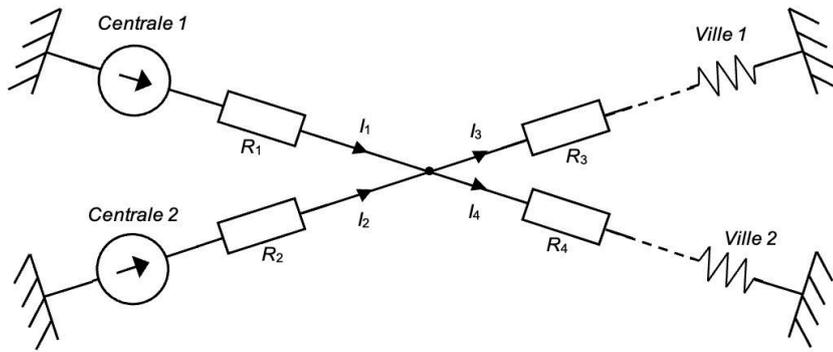
L'activité précédente a permis d'introduire la partie du programme d'électricité « Transporter l'énergie sous forme électrique » et la notion de pertes en ligne. Le professeur souhaite la compléter en s'appuyant sur les questions suivantes.

13. Proposer une exploitation pédagogique du **document 3.1** et l'objectif visé. Les approximations de ce document devront être signalées.
14. Le **document 3.2** est un extrait d'évaluation certificative. Les résultats expérimentaux partiels sont donnés dans le tableau.
  - a. Calculer les valeurs manquantes dans ce tableau et proposer une réponse à la question B.6
  - b. Préciser les compétences (voir **document 2.3**) évaluables dans la question B.6.
15. Proposer une activité expérimentale destinée aux élèves permettant d'illustrer le seul rôle de T1 (montage, protocole, ce qui est attendu, ce qu'il faut retenir).
16. Le **document 3.3** reproduit une copie d'élève. La corriger en précisant les annotations éventuelles qu'il conviendrait de mettre sur la copie de l'élève et les compétences évaluées lors de chaque question.

## Partie 4 : Minimisation des pertes en ligne par effet Joule en classe de première en mathématiques

Le professeur décide d'une exploitation en mathématiques du problème des pertes par effet Joule en le considérant d'un point de vue plus global : l'interconnexion en réseaux des lignes de transport depuis les centrales de production jusqu'aux consommateurs. Pour ce faire, le professeur s'appuie sur un modèle simplifié composé de :

- deux centrales de production ;
- quatre lignes de transport uniquement résistives  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$  ;
- deux villes *Ville 1* et *Ville 2* qui consomment une puissance constante et qui sont uniquement résistives ;
- d'un nœud d'interconnexion.



On cherche à déterminer les intensités  $I_1$  et  $I_2$  qui minimisent la puissance totale  $P$  perdue par effet Joule sur l'ensemble du réseau. Cette puissance  $P$  est égale à  $R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2$ .

Les intensités  $I_1, I_2, I_3$  et  $I_4$  doivent satisfaire les contraintes suivantes :

- $0 \leq I_1 \leq I_{1\max}$  et  $0 \leq I_2 \leq I_{2\max}$  (la capacité de production des centrales est limitée) ;
- $I_{1\max} + I_{2\max} > I_3 + I_4$  (la production des centrales permet de répondre à la consommation des villes) ;
- $I_3$  et  $I_4$  sont constantes (la puissance consommée par chaque ville est constante) ;
- $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 = K$  (où  $K$  est une constante).

17. Déterminer en fonction de  $K, I_{1\max}$  et  $I_{2\max}$  l'ensemble  $D$  des valeurs de  $I_1$  pour lesquelles ces contraintes sont satisfaites.

18. On note  $P_c = R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2$ . Montrer que  $P = (R_1 + R_2) I_1^2 - 2K R_2 I_1 + P_c + K^2 R_2$ .

19. Soit  $f$  la fonction définie et dérivable sur l'ensemble  $D$  déterminé à la question 17, d'expression

$$f(x) = (R_1 + R_2)x^2 - 2K R_2 x + P_c + K^2 R_2.$$

Étudier la fonction  $f$  et dresser son tableau de variations.

Dans la suite, on considère une maquette du modèle simplifié pour laquelle on a les valeurs suivantes :

$R_1 = 0,1 \Omega$	$I_{1\max} = 4 \text{ A}$	$R_3 = 0,1 \Omega$	$I_3 = 2 \text{ A}$
$R_2 = 0,2 \Omega$	$I_{2\max} = 6 \text{ A}$	$R_4 = 0,2 \Omega$	$I_4 = 3 \text{ A}$

20. Donner, dans ce cas, l'ensemble de définition de la fonction  $f$  et montrer que :

$$f(x) = 0,1x^2 + 0,2(5 - x)^2 + 2,2.$$

21. Déterminer le minimum de la fonction  $f$  et préciser la valeur de  $x$  pour laquelle ce minimum est atteint.

22. On admet que la fonction  $f$  dont l'expression a été établie à la question 20 modélise les pertes en ligne en fonction de l'intensité  $I_1$ . Plus précisément,  $f(x)$  est la puissance, en watts, dissipée par effet Joule sur le réseau, lorsque  $x$  est l'intensité  $I_1$ , en ampères,  
En déduire les valeurs de  $I_1$  et  $I_2$  qui minimisent les pertes par effet Joule sur le réseau.

23. Rédiger un texte de présentation d'une activité et sa problématique, correspondant à la situation étudiée, qui pourrait être proposée à des élèves de première professionnelle MÉLEC.

24. Rédiger ensuite les questions permettant de répondre à cette problématique en indiquant pour chacune d'elles les capacités et connaissances du module « *Fonctions dérivées et études des variations d'une fonction* » mises en œuvre.

25. Un commentaire du module « *Fonctions dérivées et études des variations d'une fonction* » indique « *On visualise graphiquement la différence entre extremum local et extremum global* ». La fonction  $f$  étudiée dans cette partie est-elle adaptée pour sensibiliser les élèves à cette différence ? Justifier la réponse.

26. Un autre commentaire de ce module indique : « *La formule de dérivation de la fonction carré est conjecturée à l'aide des outils numériques puis admise* ».

Expliquer comment à l'aide du fichier nommé « conjecture », dont une capture d'écran est fournie sur le **document 3.4**, les élèves peuvent conjecturer la formule de dérivation de la fonction carré.

### **Partie 5 : Prolongement en classe de terminale en physique-chimie**

Le transport de l'énergie électrique à haute tension, qui met en jeu des pylônes en acier protégés contre la corrosion, permet un prolongement possible en classe de terminale professionnelle MÉLEC sur le thème de la protection des métaux contre la corrosion.

27. Préciser les capacités et connaissances du programme concernant spécifiquement ce thème (**document 2.1**).
28. Proposer une séquence pédagogique portant sur ce thème, en détaillant l'ordre des séances et en explicitant les expérimentations envisagées.
29. Présenter une séance de travaux pratiques qui aborde d'une part la mise en évidence du phénomène de corrosion d'un métal et d'autre part la protection contre la corrosion d'un métal. On indiquera en particulier la problématique, le matériel disponible, la démarche et les conclusions attendues.
30. Décrire les protocoles des expériences citées à la question 29, citer les capacités du programme qu'elles permettent de développer et donner la trace écrite correspondante, telle qu'elle pourrait figurer dans le cahier d'un élève.
31. D'après le **document 1.4**, le zinc protège le fer de la corrosion grâce au principe de l'anode sacrificielle. Justifier cette affirmation.
32. Citer deux autres moyens de protection du fer contre la corrosion.

### **Partie 6 : Prolongement en classe de terminale en mathématiques sur le module « Trigonométrie »**

L'association en dérivation des deux moteurs (chauffage et filtration) (voir schéma de la partie 1) est l'occasion de travailler en classe de terminale sur le module « *Trigonométrie* ».

33. Proposer la trame d'une activité permettant de développer la capacité du programme « Établir des liens entre le vecteur de Fresnel d'une tension ou d'une intensité sinusoïdale de la forme  $a \sin(\omega t + \varphi)$  et la courbe représentative de la fonction qui à  $t$  associe  $a \sin(\omega t + \varphi)$  ».
34. En se replaçant dans les conditions de la question 5, montrer que les expressions  $i_1(t)$  et  $i_2(t)$  des intensités des courants traversant respectivement la pompe à filtration et la pompe à chaleur, peuvent s'écrire (en choisissant judicieusement l'origine des temps et en arrondissant les déphasages au centième) :  
$$i_1(t) = 5,8 \sqrt{2} \sin(100\pi t + 0,60) \quad \text{et} \quad i_2(t) = 11,6 \sqrt{2} \sin(100\pi t + 0,49).$$
35. L'expression de l'intensité du courant dans la ligne alimentant les deux moteurs vérifie la relation :  
$$i(t) = i_1(t) + i_2(t).$$
  
En s'aidant des vecteurs de Fresnel  $\vec{I}_1$ ,  $\vec{I}_2$  et  $\vec{I}$  représentant les courants  $i$ ,  $i_1$  et  $i_2$ , déterminer l'expression de  $i(t)$  en fonction de  $t$ .

## **Partie 7 : Conception d'une séquence d'enseignement en mathématiques portant sur le module « Trigonométrie »**

Cette séquence, destinée à des élèves de terminale professionnelle MÉLEC, porte sur les équations de la forme  $\cos x = a$ ,  $\sin x = b$  et  $\sin(\omega t + \varphi) = c$  sur un intervalle donné.

- 36.** Préciser le nombre de séances prévues et, pour chacune d'elles, la trace écrite qui pourrait figurer dans le cahier d'un élève.
- 37.** Présenter la séance qui aborde la résolution de l'équation  $\sin(\omega t + \varphi) = c$ . On pourra prendre appui sur la situation professionnelle étudiée dans la partie 6.

On précisera en particulier :

- les activités proposées et les tâches attendues de l'élève ;
- l'organisation pédagogique et le rôle de l'enseignant ;
- les modalités de mise en œuvre des outils numériques et leur plus-value.

**SUJET 0 DU CAPLP 2022**  
**ÉLÉMENTS DE CORRECTION ET CONSEILS CONCERNANT**  
**L'ÉPREUVE ÉCRITE DISCIPLINAIRE APPLIQUÉE DE**  
**MATHÉMATIQUES – PHYSIQUE-CHIMIE**

**Thème d'étude : TRANSPORT ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE**

Ce sujet a été conçu pour permettre aux candidats de proposer des activités diverses à destination des élèves et de développer des stratégies pédagogiques :

- s'appuyant sur la bivalence de l'enseignement de mathématiques – physique-chimie ;
- intégrant la démarche expérimentale dans l'apprentissage des mathématiques et de la physique-chimie ;
- montrant la plus-value pédagogique de l'utilisation des outils numériques ;
- permettant des travaux oraux et écrits lors de productions individuelles ou collectives ;
- proposant des phases de décontextualisation.

Il est nécessaire, pour comprendre son contexte pédagogique d'avoir au préalable appréhendé l'environnement de travail d'un enseignant de lycée professionnel et de disposer d'un premier niveau de connaissance des programmes et de leurs préambules.

**Dossier documentaire**

Le dossier documentaire présente de très nombreuses ressources. Une bonne compréhension de leur organisation et de la structure des collections permet des allers-retours efficaces entre le travail à réaliser et les informations à rechercher.

**Travail à réaliser par le candidat**

**Partie 1 : Appropriation de la situation professionnelle par une étude physique**

- 1) Reprendre les conditions d'application de la loi d'Ohm locale, notamment grâce à l'approximation des régimes quasi-stationnaires.
- 2) Applications numériques.

- 3) Les vecteurs de Fresnel permettent le calcul de  $\tan \Phi_L = \frac{L\omega}{R}$  et  $\cos \Phi_L$  dans les deux cas.
- 4) Utiliser le diagramme des puissances.
- 5)  $I = \frac{S}{U}$ .
- 6) Pour chacune des sections :  $\Delta U = RI$ .
- 7)  $P_j = RI^2$  pour chacune des sections,  $\Delta U\% = \frac{\Delta U}{230}$  pour chacune des sections.
- 8) Repérer la valeur 5% dans le tableau concernant la norme NFC-15-100.

### **Partie 2 : La situation professionnelle en classe de première en physique-chimie**

9)

- Il est nécessaire ici de se reporter aux capacités et connaissances attendues chez un élève de première de lycée professionnel pour proposer un protocole adapté (page 6/18, « Transporter l'énergie sous forme électrique »).
- Pour la liste du matériel, il peut être utile de s'inspirer des exercices, des copies et TP d'élèves proposés dans le sujet ; dans ces derniers sont notamment présents des rhéostats, fils de connexion, alimentations alternatives, lampes... (par exemple : un rhéostat 100  $\Omega$ , une alimentation 6 V, une lampe 6 V, des fils de connexion).

10)

- Rappeler les règles de sécurité électrique à respecter ;
- Présenter une problématique pouvant être traitée en classe de première professionnelle (pas d'approximation des régimes quasi-stationnaires par exemple).
- Donner les formules nécessaires aux calculs : l'intérêt d'un travail pratique est de manipuler, de comprendre le phénomène. La modélisation vient après.

11) Il convient de veiller à ce que les attendus de chaque question soient explicites.

12) Se reporter à la grille page 9/18.

### **Partie 3 : La séquence correspondante en classe de première en physique-chimie**

13) L'activité précédente a permis d'introduire les notions de distribution d'électricité et de pertes en ligne. Le document 3.1 peut être utilisé pour assoir les échanges ou

guider une recherche documentaire sur internet qui pourraient être organisés en classe.

Le but est de montrer aux élèves l'intérêt de transporter l'électricité sous haute tension, de façon à diminuer  $I$  pour limiter autant que possible  $RI^2$ .

Ce temps permet de corriger des représentations erronées des élèves et de partager, dans le but de les rectifier, les erreurs commises dans les manipulations et le compte rendu de la séance de travaux pratiques précédente. L'objectif peut être de conclure sur un schéma simplifié d'un réseau de distribution d'électricité.

- 14)** **a.** Effectuer les calculs avec et sans transformateur.  
**b.** Se reporter à la grille page 9/18.
- 15)** Attendu : rapport supérieur à 1 pour un transformateur élévateur de tension.
- 16)** Les annotations doivent permettre aux élèves de comprendre leurs erreurs. Pour les compétences évaluées lors de chaque question, se reporter à la grille page 9/18.

#### **Partie 4 : Minimisation des pertes en ligne par effet Joule en classe de première en mathématiques**

- 17)** Il convient d'être attentif aux deux sens de l'équivalence à établir.
- 18)** La relation  $I_2 = K - I_1$  permet d'obtenir le résultat.
- 19)** Étude d'une fonction polynôme de degré 2.
- 20) 21) et 22)** Applications numériques.
- 23)** La présentation de l'activité peut comporter la contextualisation de la situation, l'expression de la fonction et son domaine de définition. La problématique est formulée sous forme d'une question.
- 24)** Les questions sont de difficulté progressive, portent sur les capacités et connaissances du programme (page 8/18), la dernière permet de répondre à la problématique.
- 25)** Le tableau de variations de la fonction  $f$  permet de conclure.

- 26) Une expérimentation menée en agissant sur le curseur peut permettre de conjecturer la réponse (y compris l'existence et l'unicité du nombre dérivé de la fonction carré en un point).

#### **Partie 5 : Prolongement en classe de terminale en physique-chimie**

- 27) Se reporter au document page 7/18 et plus spécifiquement à la partie protection.
- 28) Plusieurs scénarii peuvent convenir en fonction de la progression envisagée en amont de cette séquence, par exemple choisir de travailler la protection des métaux après le chapitre distribution de l'énergie électrique.
- 29) Proposer un protocole expérimental permettant aux élèves de faire varier les paramètres influents, d'émettre des hypothèses et de répondre à la problématique proposée.
- 30) La trace écrite permet de formaliser les connaissances du programme que les expériences présentées à la question 29 permettent de faire acquérir.
- 31) Pile électrochimique.
- 32) Par exemple : protection par courant imposé et protection par passivation.

#### **Partie 6 : Prolongement en classe de terminale en mathématiques sur le module « Trigonométrie »**

- 33) L'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique peut permettre de visualiser le lien entre un vecteur de Fresnel et la courbe représentative de la fonction trigonométrique associée.
- 34) Les caractéristiques de la pompe à chaleur et de la pompe de filtration se trouvent page 3/18.
- 35) La construction du vecteur somme permet de conclure.

#### **Partie 7 : Conception d'une séquence d'enseignement en mathématiques portant sur le module « Trigonométrie »**

- 36) La trace écrite décontextualisée est courte et fonctionnelle. Elle comporte les éléments nécessaires à la résolution des équations trigonométriques.
- 37) Un travail de groupes peut permettre d'envisager, grâce à des activités, différents cas et de mutualiser les résultats en vue de l'émission d'une conjecture. Les outils numériques peuvent permettre d'étudier facilement ces différents cas.