

Thème d'étude

LA CHAUDIÈRE À CONDENSATION

Contexte pédagogique du sujet

L'étude de la **chaudière à condensation** est le thème choisi par les enseignants intervenant en physique-chimie et dans le domaine professionnel des sections de baccalauréat professionnel « Technicien en installation des systèmes énergétiques et climatiques » (TISEC).

Il s'inscrit dans le cadre d'un **projet pédagogique** global sur les trois années de formation et prend appui sur les **enseignements disciplinaires**, les **enseignements généraux liés à la spécialité (EGLS)** et le dispositif d'**accompagnement personnalisé (AP)**.

Les deux enseignants à l'initiative de ce projet, ont notamment envisagé et programmé tout au long du cursus de formation, une organisation pédagogique autour de ce thème d'étude, permettant de proposer aux élèves : des interventions disciplinaires alignées et des activités d'accompagnement à la poursuite d'études vers le BTS pour un groupe identifié d'élèves.

Structure du sujet

Le sujet est structuré autour d'un « Dossier documentaire » et d'un « Travail à réaliser par le candidat », adaptés à l'enseignement 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 ces 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).

Le « Dossier documentaire »

Il est organisé autour de trois « collections » de documents :

- **Collection 1** : Documentation technique liée au thème du sujet ;
- **Collection 2** : Textes réglementaires et officiels ;
- **Collection 3** : Documents supports à l'enseignement et productions d'élèves.

Le « Travail à réaliser par le candidat »

Structuré en différentes parties et sous-parties indépendantes les unes des autres, il s'appuie sur un questionnement 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.

Le candidat rend un ensemble de copies et d'annexes qu'il convient de numérotter et dans lesquelles il précise intégralement la référence des questions auxquelles il répond.

DOSSIER DOCUMENTAIRE

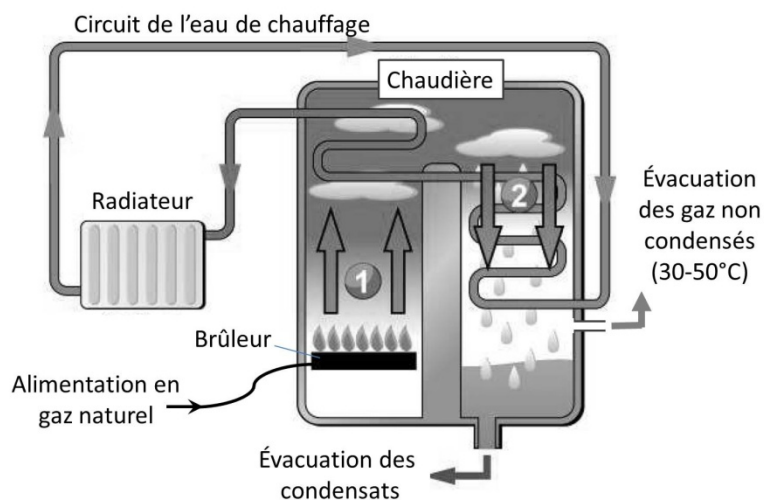
Collection 1 – Documentation technique

Document 1a - Extrait d'une publicité

La chaudière à condensation est une chaudière à usage domestique qui offre des avantages par rapport à une chaudière traditionnelle.

Tout a été mis en œuvre pour optimiser les économies d'énergie sur cette chaudière, à tous les régimes de fonctionnement, avec un rendement jusqu'à 109 %. C'est également une chaudière respectueuse de l'environnement avec son très bas taux NOx de 24,83 mg / (kW.h). Cette performance se situe bien en-dessous du taux maximum fixé dans la classe 5, la plus sévère de la norme EN 483. Elle offre un très bas niveau sonore : 34,1- 46,2 dB.

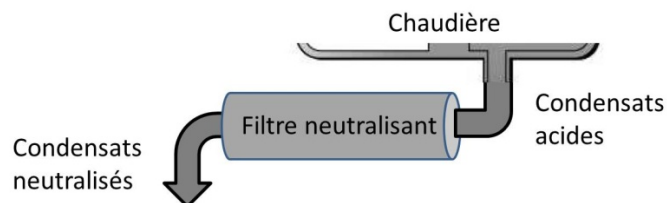
Document 1b - Principe de fonctionnement de la chaudière à condensation



Document 1c – Désembouage et neutralisation des condensats

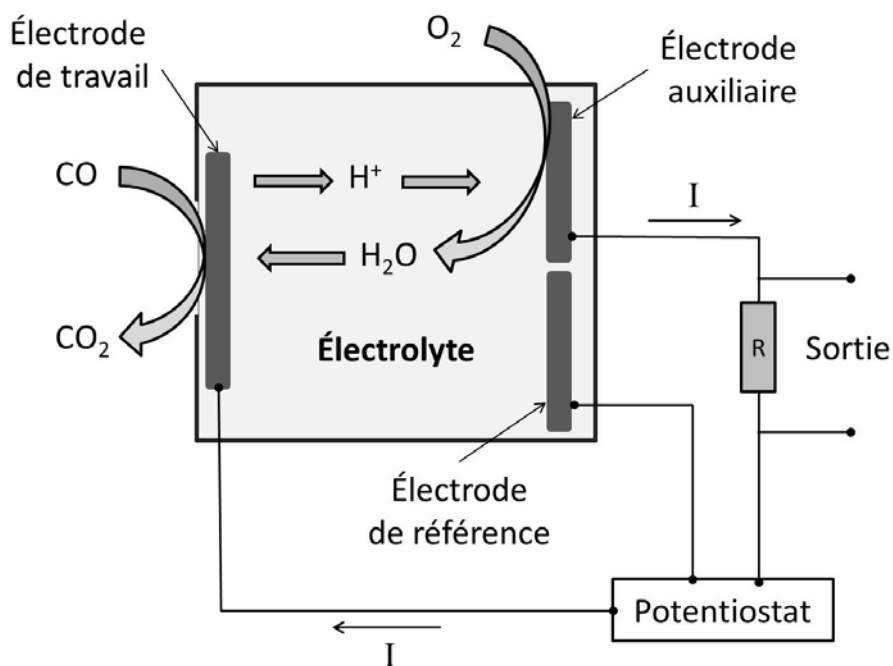
Le désembouage consiste à éliminer les boues qui se sont formées et accumulées dans la chaudière, les radiateurs, les tuyaux sous l'effet de la dégradation et de la corrosion des métaux de l'installation. Le rendement énergétique de l'installation et des appareils de chauffage peut parfois gagner environ 15% en désembouant une installation victime de corrosion. Une technique de désembouage est l'emploi de produits spécifiques injectés dans l'eau du circuit de chauffage. Ces produits sont souvent constitués de mélanges d'espèces chimiques ayant chacune un mode d'action particulier : limitation du tartre, séquestration et dispersion, inhibition de la corrosion (en réduisant la quantité d'espèces chimiques corrosives, en modifiant la dureté de l'eau, en permettant le dépôt d'un film protecteur....).

Document 1d - Neutralisation de l'acidité des condensats



pH des condensats avant traitement	Filtre neutralisant (cartouches de même taille)	pH des condensats après traitement
6,0 – 6,9	Calcite	7,0 – 7,5
5,0 – 6,0	Calcite - Corosex 90% / 10%	7,0 – 7,5
4,5 – 5,0	Calcite - Corosex 80% / 20%	7,0 – 7,5
4,0 – 6,0	Corosex	7,0 – 8,5

Document 1e - Schéma de principe du capteur électrochimique de détection du CO



DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 2 – Textes réglementaires et officiels

Document 2a - Extraits du B.O. spécial n°2 du 19 février 2009

Enseignements dispensés dans les formations sous statut scolaire préparant au baccalauréat professionnel

Article 1 - La liste et les horaires des enseignements professionnels et généraux obligatoires dispensés à tous les élèves dans les formations sous statut scolaire conduisant à la délivrance du baccalauréat professionnel sont fixés conformément aux tableaux figurant en annexes 1 et 2 du présent arrêté.

Article 2 - Dans le cadre des enseignements obligatoires précités, des activités de projet sont proposées aux élèves. Elles s'inscrivent dans le cadre du projet d'établissement et peuvent prendre différentes formes, en particulier :

- projet pluridisciplinaire à caractère professionnel ;
 - projet spécifique en enseignement général, en enseignement professionnel, en enseignement artistique et culturel ;
 - activités disciplinaires et pluridisciplinaires autour de la période de formation en milieu professionnel.
- Les projets sont organisés sur une partie du cycle ou de l'année.

Article 3 - Le volume horaire de 152 heures correspondant aux enseignements généraux liés à la spécialité préparée est réparti par l'établissement.

Article 4 - Les dispositifs d'accompagnement personnalisé s'adressent aux élèves selon leurs besoins et leurs projets personnels. Il peut s'agir de soutien, d'aide individualisée, de tutorat, de modules de consolidation ou de tout autre mode de prise en charge pédagogique.

Annexe 1

Baccalauréat professionnel Grille horaire élève

Pour les spécialités comportant un enseignement de sciences physiques et chimiques

Durée du cycle : 84 semaines auxquelles s'ajoutent une PFMP de 22 semaines et 2 semaines d'examen.

Disciplines et activités	Durée horaire cycle 3 ans	Durée horaire annuelle moyenne indicative
I - Enseignements obligatoires incluant les activités de projet		
Enseignements professionnels et enseignements généraux liés à la spécialité		
Enseignements professionnels	1152	384
Économie-gestion	84	28
Prévention-santé-environnement	84	28
Français et/ou mathématiques et/ou langue vivante et/ou sciences physiques et chimiques et/ou arts appliqués	152	50
Enseignements généraux		
Français, histoire-géographie, éducation civique	380	126
Mathématiques Sciences physiques et chimiques	349	116
Langue vivante	181	60
Arts appliqués-cultures artistiques	84	28
EPS	224	75 (1)
Total	2690	896
II - Accompagnement personnalisé		
	210	70

(1) 56 heures en moyenne en seconde et 84 heures en moyenne en première et en terminale.

Programmes de sciences physiques et chimiques du baccalauréat professionnel

Le programme de sciences physiques et chimiques des baccalauréats professionnels est organisé autour de quatre thèmes :

- Transports (T)
- Confort dans la Maison et l'Entreprise (CME)
- Hygiène et Santé (HS)
- Son et Lumière (SL)

Chaque thème est décliné en modules sous forme de questions favorisant une démarche d'investigation.

Ce programme est composé :

- d'un tronc commun pour les classes de seconde professionnelle ;
- d'un tronc commun et de modules spécifiques pour les classes de première et terminale.

Le programme est présenté en trois colonnes (« connaissances », « capacités » et « exemples d'activités »). La cohérence de ces trois colonnes se réalise dans leur lecture horizontale :

- la colonne « capacités » explicite ce que l'élève doit savoir faire dans des tâches et des situations plus ou moins complexes,

- La colonne « connaissances » précise les savoirs indispensables à la mise en œuvre de ces capacités et les éléments de culture scientifique nécessaires à ce niveau de formation ;

- La colonne « exemples d'activités » présente une liste ni exhaustive ni obligatoire d'activités expérimentales et de recherches documentaires, qui peut être complétée par l'exploitation de situations technologiques ou professionnelles adaptées à chaque spécialité.

Les seules relations exigibles sont celles qui figurent dans la colonne « connaissances ». Toute autre relation est donnée.

Remarques :

- Les mêmes capacités et connaissances se rencontrent parfois dans des thèmes différents. Dans ce cas, le professeur organise sa progression pour éviter les redondances.
- L'enseignant peut également modifier les questions posées – pour s'adapter au champ professionnel des élèves ou s'associer à un projet pédagogique de classe – à condition d'atteindre les mêmes capacités.

1. Programme de seconde de détermination professionnelle

LES TRANSPORTS (T)	CONFORT DANS LA MAISON ET L'ENTREPRISE (CME)	HYGIÈNE ET SANTÉ (HS)
T 1 Comment peut-on décrire le mouvement d'un véhicule ?	CME 1 Quelle est la différence entre température et chaleur ?	HS 1 Comment prévenir les risques liés aux gestes et postures ?
T 2 Comment passer de la vitesse des roues à celle de la voiture ?	CME 2 Comment sont alimentés nos appareils électriques ?	HS 2 Les liquides d'usage courant : que contiennent-ils et quels risques peuvent-ils présenter ?
	CME 3* Comment isoler une pièce du bruit ?	HS 3* Faut-il se protéger des sons ?

2. Programme des classes de première et terminale

2.1. Tronc commun

LES TRANSPORTS (T)	CONFORT DANS LA MAISON ET L'ENTREPRISE (CME)	HYGIÈNE ET SANTÉ (HS)	SON ET LUMIÈRE (SL)
T 3 Comment protéger un véhicule contre la corrosion ?	CME 4 Comment chauffer ou se chauffer ?		SL 1 Comment dévier la lumière ?
T 4 Pourquoi éteindre ses phares quand le moteur est arrêté ?	CME 5 Peut-on concilier confort et développement durable ?		SL 2 Comment un son se propage-t-il ?
T 5 Comment se déplacer dans un fluide ?			SL 3 Comment transmettre un son à la vitesse de la lumière ?
		HS 4** Comment peut-on adapter sa vision ?	SL 4** Comment voir ce qui est faiblement visible à l'œil nu ?

Document 2b (Suite)

T 4	POURQUOI ÉTEINDRE SES PHARES QUAND LE MOTEUR EST ARRÊTÉ ?	Cycle terminal Tronc commun
1. Quelle est la différence entre une pile et un accumulateur ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
Réaliser une pile et mesurer la tension aux bornes de cette pile. Distinguer pile et accumulateur.	Connaître le principe d'une pile. Connaître le principe d'un accumulateur.	Fabrication d'une pile Daniell. Réalisation d'une pile au citron. Recherche historique sur Volta.
2. Comment recharger un accumulateur ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
Mettre en évidence expérimentalement le rôle d'une diode dans un circuit. Réaliser le redressement d'un courant.	Savoir que : -un accumulateur se recharge à l'aide d'un courant continu ; -le générateur qui charge l'accumulateur délivre une tension supérieure à celle-ci ; -un alternateur fournit un courant alternatif ; -le redressement permet de passer d'un courant électrique alternatif à un courant électrique continu.	Étude d'oscillogrammes obtenus par un générateur à courant continu (pile, accumulateur) et à courant alternatif (alternateur de voiture). Vérification expérimentale de l'inversion du sens de courant lors de la charge et de la décharge d'un accumulateur. Réalisation expérimentale du redressement d'un courant par un pont de diodes. Étude documentaire concernant les différents types d'accumulateurs. Recherche documentaire sur les principes de production d'électricité dans un véhicule (cellule photovoltaïque, pile à combustible ...). Détermination de la durée de charge d'un accumulateur à l'aide de ses caractéristiques et de celles du chargeur.

CME 1	QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE TEMPÉRATURE ET CHALEUR ?	2 ^{de} professionnelle
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
Relever des températures. Vérifier expérimentalement que lors d'un changement d'état, la température d'un corps pur ne varie pas.	Connaître l'existence des échelles de température : Celsius et Kelvin. Savoir que la chaleur est un mode de transfert de l'énergie. Savoir que la quantité de chaleur s'exprime en joule. Savoir qu'un changement d'état libère ou consomme de l'énergie.	Étalonnage d'un thermomètre. Recherche documentaire sur la création des échelles de température (Celsius, Kelvin, Fahrenheit). Mise en évidence d'une chaleur latente de fusion (eau, paraffine).

Document 2b (Suite)

CME 5	PEUT-ON CONCILIER CONFORT ET DÉVELOPPEMENT DURABLE ?	Cycle terminal Tronc commun
3. Pourquoi adoucir l'eau ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
<p>Mettre en évidence expérimentalement la présence d'ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dans une solution aqueuse.</p> <p>Déterminer expérimentalement le degré hydrotimétrique d'une eau.</p>	<p>Connaître le mécanisme de formation d'un ion positif ou négatif.</p> <p>Savoir que les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sont responsables de la dureté d'une eau.</p>	<p>Recherche documentaire sur le rôle d'une résine échangeuse d'ions.</p>

SL 2	COMMENT UN SON SE PROPAGE-T-IL ?	Cycle terminal Tronc commun
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
<p>Mettre en évidence expérimentalement que la propagation d'un son nécessite un milieu matériel.</p> <p>Mesurer la vitesse de propagation d'un son dans l'air.</p> <p>Déterminer expérimentalement la longueur d'onde d'un son en fonction de sa fréquence.</p> <p>Utiliser la relation : $\lambda = v.T$</p> <p>Etablir expérimentalement la loi de la réflexion d'une onde sonore.</p>	<p>Savoir que la propagation d'un son nécessite un milieu matériel.</p> <p>Savoir que la vitesse du son dépend du milieu de propagation.</p> <p>Connaître la relation entre la longueur d'onde d'un son, sa vitesse de propagation et sa période :</p> $\lambda = v.T$	<p>Expérience de la sonnette sous une cloche à vide.</p> <p>Comparaison de la vitesse du son dans différents milieux (air, eau, acier...).</p> <p>Utilisation d'un banc à ultrasons.</p> <p>Observation de l'atténuation d'un son en fonction de la distance.</p>

Document 2c

GRILLE NATIONALE D'ÉVALUATION EN SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES		
Nom et prénom :	Diplôme préparé :	Séquence d'évaluation ¹ n°

❶ Liste des capacités, connaissances et attitudes évaluées²

Capacités	
Connaissances	
Attitudes	

❷ Évaluation³

	Compétences ⁴	Aptitudes à vérifier	Questions	Appréciation du niveau d'acquisition ⁵
Activité expérimentale	S'approprier	- rechercher, extraire et organiser l'information utile, - comprendre la problématique du travail à réaliser, - montrer qu'il connaît le vocabulaire, les symboles, les grandeurs, les unités mises en œuvre.		
	Analyser	- analyser la situation avant de réaliser une expérience, - formuler une hypothèse, - proposer une modélisation, - choisir un protocole ou le matériel / dispositif expérimental.		
	Réaliser	- organiser son poste de travail, - mettre en œuvre un protocole expérimental, - utiliser le matériel choisi ou mis à sa disposition, - manipuler avec assurance dans le respect des règles élémentaires de sécurité.		
	Valider	- exploiter et interpréter des observations, des mesures, - vérifier les résultats obtenus, - valider ou infirmer une information, une hypothèse, une propriété, une loi ...		
				/ 7
Compte Rendu écrit et oral	Communiquer	- rendre compte d'observation et des résultats des travaux réalisés, - présenter, formuler une conclusion, expliquer, représenter, argumenter, commenter.		
				/ 3
			TOTAL	/ 10

¹ Chaque séquence propose une problématique s'appuyant sur une situation issue du domaine professionnel ou de la vie courante.

² Les capacités, connaissances et attitudes évaluées sont issues du programme et du référentiel de certification du diplôme préparé.

³ L'évaluation porte nécessairement sur des capacités expérimentales. Des appels permettent de s'assurer de la compréhension, de valider les choix / les hypothèses, d'évaluer l'exécution des manipulations et de prendre en compte la communication écrite et/ou orale.

⁴ La compétence « Être autonome, Faire preuve d'initiative » est prise en compte au travers de l'ensemble des travaux réalisés par l'élève. Les appels sont des moments privilégiés pour en apprécier le degré d'acquisition.

⁵ Le professeur peut utiliser toute forme d'annotation lui permettant de noter l'activité expérimentale sur 7 points et la partie compte rendu sur 3 points.

DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 3 – Documents supports à l'enseignement et productions d'élèves

Document 3a - Chaleur et température

En classe de 2^{nde} professionnelle (module CME1), une expérience simple utilisant l'ébullition de l'eau vise à aider les élèves à différencier chaleur et température. Quelques réactions d'élèves obtenues lors de la réalisation de l'expérience sont reproduites ci-dessous.

« Ce n'est pas possible, le thermomètre ne fonctionne pas correctement » (R1)

« Si on chauffe plus fort pendant l'ébullition, la température sera plus grande » (R2)

« 100°C est la température la plus haute possible pour l'eau » (R3)

« La température ne bouge pas parce que la chaleur part dans les bulles de vapeur » (R4)

« L'eau ne peut pas stocker plus de chaleur, la chaleur en plus part sur les côtés » (R5)

Document 3b – Exemple d'exercice-bilan

Le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) d'un gaz combustible représente la quantité d'énergie libérée par la combustion de 1 m³ de gaz combustible dans les CNTP, l'eau étant considérée à l'état vapeur. Le Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS) est déterminé en considérant l'eau produite à l'état liquide. On considère que le gaz naturel est uniquement composé de méthane, de formule CH₄. Son Pouvoir Calorifique Supérieur PCS est de 11,3 kW.h/m³.

On étudie pour les questions suivantes une chaudière à condensation telle que :

- son rendement affiché est $r = 109\%$;
- l'énergie utile fournie à l'eau du circuit de chauffage par mètre cube de gaz naturel consommé est : $E_u = 11,1 \text{ kW.h / m}^3$;
- sa puissance utile est $P = 21,0 \text{ kW}$.

1 - Le rendement est défini par rapport au PCI du gaz naturel. Déterminer la valeur du PCI du gaz naturel.

2 – Déterminer le rendement r' de la chaudière à condensation par rapport au PCS. Commenter la valeur obtenue par rapport au rendement affiché.

3 - Déterminer la relation littérale entre le débit volumique D_v de méthane et la puissance utile P de la chaudière dans le cas d'un fonctionnement ininterrompu. Exprimer la valeur de ce débit volumique D_v en m³/h.

4 - Pendant 10 minutes de fonctionnement la chaudière consomme un volume de méthane $V_{\text{méthane}}$ de 316 L. Déterminer le volume d'eau condensée V_{eau} lorsque cette chaudière fonctionne pendant 10 minutes. On détaillera les différentes étapes du raisonnement.

Données supplémentaires :

Volume molaire (CNTP) : $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

Masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg / L}$

Masses molaires $M \text{ (g.mol}^{-1}\text{)}$: H : 1,0 ; C : 12,0 ; N : 14,0 ; O : 16,0

Document 3c. Propagation des sons

D'après Maurines L. (1998). *Les élèves et la propagation des signaux sonores*, Bulletin de l'Union des Physiciens, 92(800), pp.1-22

Extrait d'un questionnaire fourni à des élèves :

On considère quatre tubes : le premier est rempli d'air, le second est rempli d'eau, le troisième est rempli d'acier et dans le quatrième le vide a été fait (il n'y a rien). À une extrémité de chaque tube, un haut-parleur (H.P.) est branché et à l'autre extrémité se trouve un microphone (M.) relié à un magnétophone. Tous les haut-parleurs, microphones et magnétophones sont identiques. Tous les haut-parleurs commencent à émettre la note « la » au même instant et s'arrêtent au même instant.



- 1) Quels sont les microphones qui enregistrent un son et quels sont ceux qui n'en enregistrent pas ? Expliquer pour chaque tube pourquoi.
- 2) Pour les microphones qui enregistrent un son :
Commencent-ils à enregistrer un son au même instant ?
Oui, pourquoi ?
Non, pourquoi ? Classez les microphones par instant d'arrivée du son croissant et justifiez votre réponse.

Quelques résultats obtenus pour 108 élèves de troisième, seconde et première scientifique, avant enseignement sur la propagation du son :

- Un son peut se propager dans le vide (44%).

Exemple : « *Oui pour le vide : le son ne rencontre aucune opposition* » (**réponse R6**).

- La propagation d'un son est impossible dans un liquide (22%) ou dans un solide (61%).

Exemple : « *Oui, sauf l'acier plein parce que le son ne pourra pas traverser le tube plein pour être enregistré, et l'eau* » (**réponse R7**).

- La vitesse de propagation du son dépend du milieu (76%). Pour beaucoup de ces élèves, un son se propage plus vite dans le vide que dans l'eau ou l'acier.

On retrouve ce type de réponse après enseignement (élèves de première et terminale scientifiques, étudiants des deux premières années d'université scientifique) :

Exemple : « *la vitesse de propagation dépend du milieu. Elle est freinée par les collisions avec les molécules plus ou moins nombreuses du milieu : eau, air, vide (ordre croissant donné pour les vitesses)* » (**réponse R8**).

Document 3d – Exemple de situation d'évaluation

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

Épreuve scientifique et technique Sous- Épreuve de SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
CONTRÔLE EN COURS DE FORMATION – CCF – Séquence 1/2

Présentation du contexte de l'expérimentation

Patrick souhaite, lors de l'installation de sa nouvelle chaudière à condensation, vérifier si son adoucisseur joue bien son rôle et s'il est correctement réglé sachant que le rendement de sa chaudière en serait très affecté si l'eau était trop dure.



L'adoucisseur d'eau de Patrick joue-t-il bien son rôle ?

L'adoucisseur d'eau de Patrick est-il bien réglé ?

Travail à réaliser

Partie A *L'adoucisseur d'eau de l'installation joue-t-il bien son rôle ?*

A.1 Proposer, en prenant appui sur le **document 1 en annexe**, un protocole expérimental permettant de vérifier si l'adoucisseur d'eau joue bien son rôle. On dispose du matériel suivant :

- deux échantillons d'eau : **Eau A** « eau prélevée avant l'adoucisseur » ; **Eau B** « eau prélevée après l'adoucisseur »,
- des réactifs d'identification des ions et du détergent,
- un ensemble de verrerie : tubes à essai, béchers et agitateurs en verre.

Schéma du dispositif

Description du protocole



Appel N°1

Appeler l'examineur afin de présenter et justifier oralement la proposition de protocole expérimental.

A.2 Réaliser l'expérience validée par l'examineur et conserver le résultat de l'expérience pour le faire contrôler ultérieurement.

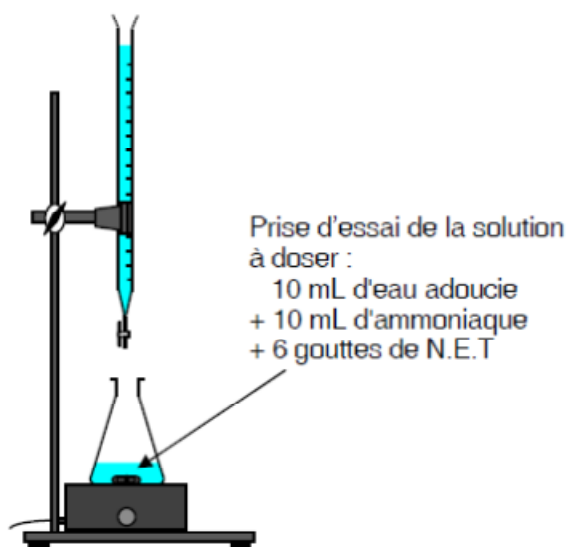
A.3 Conclusion : Indiquer si l'adoucisseur d'eau de l'installation de M. Hélios joue bien son rôle. Justifier la réponse.

Document 3d (Suite)

Partie B *L'adoucisseur d'eau de l'installation est-il bien réglé ?*

- B.1** Indiquer, en prenant appui sur le **document 2 en annexe**, entre quelles valeurs limites, la dureté d'une eau peut être considérée comme idéale, d'après la DRASS. Préciser les inconvénients liés à l'utilisation d'une eau dont la dureté est hors de l'intervalle préconisé.
- B.2** Pour déterminer la dureté de l'eau adoucie (Eau B), on réalise un dosage colorimétrique. L'indicateur d'équivalence utilisé est le N.E.T.

Dispositif expérimental



Exploitation

Dans les conditions de l'expérimentation, à l'équivalence, on considère que 1 f correspond à 1 mL d'EDTA versé.

Sans aucune manipulation, estimer l'encadrement du volume d'EDTA versé attendu à l'équivalence dans le cas d'une eau d'une dureté idéale.

$$\dots\dots\dots < V_e < \dots\dots\dots$$

Préparer le matériel nécessaire à la prise d'essai et organiser le poste de travail pour pouvoir la réaliser.



Appel N°2

Appeler l'examineur afin de présenter les résultats expérimentaux de la question A.2 puis, préparer, devant lui, la prise d'essai de la solution à doser. Expliquer oralement la méthode pour déterminer le volume équivalent.

- B.3** La burette est remplie et prête à l'emploi. Réaliser le dosage. Puis noter le volume à l'équivalence.
- B.4** Indiquer la dureté de l'eau adoucie (Eau B).
- B.5 Conclusion :** Indiquer en rédigeant la réponse si l'adoucisseur d'eau de l'installation est bien réglé.

Annexe

Document 1 : Mise en évidence de quelques ions dans une solution

Ions	Réactifs	Mode opératoire	Observations
Ca^{2+}	oxalate d'ammonium	Ajouter le réactif dans la solution à tester	précipité blanc
Mg^{2+}	jaune de thiazole		coloration rouge
Cu^{2+}	soude		précipité bleu
Cl^-	nitrate d'argent		précipité blanc
SO_4^{2-}	nitrate de baryum		précipité blanc

Document 2 : Extraits de documents de la DRASS¹

[...]

Effets; nuisances de la dureté des eaux

Une eau douce ne permet pas l'instauration de la couche carbonatée assurant une protection des canalisations contre les risques de corrosion. Par contre, une dureté élevée constitue un risque important d'entartrage des canalisations. Au-delà de 20 f; l'eau peut devenir entartrante et en dessous de 10 f; elle risque de devenir agressive et susceptible de détériorer les canalisations. Ces phénomènes de corrosion entraînent la solubilisation d'éléments tels que le fer; le cuivre et plus grave; le plomb; le cadmium. Ils sont également fonction du pH; de l'alcalinité et de la concentration en oxygène dissous.

Une eau dure est plus agréable à boire mais présente certains inconvénients d'ordre domestique :

- utilisation accrue de savon ;
- entartrage des tuyaux d'eau chaude; des chaudières; etc. ;
- augmentation du temps de cuisson des légumes.

Une eau douce se remarque à un moussage important et à une absence de dépôts sur les récipients.

Normes; interprétation des résultats

Méthode de référence pour l'analyse : Dosage titrimétrique à l'EDTA.

L'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas être agressive. En cas de dureté excessive et après un adoucissement, elle doit avoir une dureté résiduelle minimale de 15 f. Pour tenir compte à la fois de l'intérêt de la consommation d'une eau dure pour la santé et des inconvénients liés à l'entartrage; il est admis qu'une dureté comprise entre 15f et 20f est idéale.

Recommandations; traitements

Face à « l'agressivité » de l'eau, des mesures doivent être prises : reminéralisation pour relever la dureté ou installation de conduites résistantes à la corrosion.

La dureté de certaines eaux naturelles est parfois telle qu'elle nécessite un traitement d'adoucissement :

- adoucissement à la soude, à la chaux ou sur échangeurs d'ions ;
- injection de polyphosphates.

Les eaux d'origine superficielles, compte tenu de leur faible dureté sont toujours reminéralisées à l'usine de traitement (dureté de l'eau distribuée comprise entre 10 et 15f).

[...]

Les eaux peuvent être classées de la façon suivante :

Degrés français (f)	Dureté de l'eau
• 0 à 9	très douce (très peu calcaire)
• 10 à 19	douce à peu dure (peu calcaire)
• 20 à 24	peu dure à moyennement dure (calcaire)
• 25 à 35	moyennement dure à dure (calcaire à très calcaire)
• 35 et +	dure à très dure (très calcaire)

Document 3e. Extraits de la vidéo « Le mystère de l'ambre jaune »

d'après : <http://enseignants.edf.com/>



« [...] Mais c'est une grenouille qui fait faire à l'électricité un bond prodigieux. Galvani, professeur d'anatomie à Bologne, remarque que des cuisses de grenouille pendues à son balcon s'agitent toutes seules. Il croit avoir découvert le secret de la vie et de l'électricité.

Erreur, gravissime erreur, réplique Volta. L'électricité naît du contact des métaux, elle n'est pas dans la grenouille. Et Volta le prouve.

Il empile des rondelles de cuivre et de zinc, séparées par des rondelles de feutre humide. L'électricité sort de cette pile. Cette-fois ce n'est plus une simple décharge, c'est le courant.

Devant l'Institut, Volta présente son invention à Bonaparte. L'un et l'autre feront une brillante carrière. »

Document 3f. Description de la pile par A. Volta lui-même.

Extrait de VOLTA, Alessandro. *"On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different Kinds"*, 1800, pp.405-406.

“Je me fournis de quelques douzaines de petites plaques rondes ou disques, de cuivre, de laiton, ou mieux d'argent, d'un pouce de diamètre, plus ou moins, (par exemple, de monnoyes,) et d'un nombre égal de plaques d'étain, ou, ce qui est beaucoup mieux, de zinc, de la même figure et grandeur, à-peu-près [...]. Je prépare en outre, un nombre assez grand de rouelles de carton, de peau, ou de quelque autre matière spongieuse, capable d'imbiber et de retenir beaucoup de d'eau, ou de l'humeur dont il faudra, pour le succès des expériences, qu'elles soient bien trempées.[...] Ayant sous ma main toutes ces pièces, en bon état, c'est-à-dire, les disques métalliques bien propres et secs, et les autres non-métalliques bien imbibés d'eau simple, ou, ce qui est beaucoup mieux, d'eau salée, et essuyés ensuite légèrement, pour que l'humeur n'en dégoutte pas, je n'ai plus qu'à les arranger comme il convient. [...] Je pose donc horizontalement sur une table ou base quelconque, un des plateaux métalliques, par exemple, un d'argent, et sur ce premier j'en adapte un second de zinc ; sur ce second je couche un des disques mouillés ; puis un autre plateau d'argent, suivi immédiatement d'un autre de zinc, auquel je fais succéder encore un disque mouillé. Je continue ainsi, de la même façon, accouplant un plateau d'argent avec un de zinc, et toujours dans le même sens, c'est-à-dire, toujours l'argent dessous et le zinc dessus [...] ; je continue, dis-je, à former, de plusieurs de ces étages, une colonne aussi haute qu'elle peut se soutenir sans s'écrouler.”

TRAVAIL À RÉALISER PAR LE CANDIDAT

Partie A Étude du principe de fonctionnement de la chaudière

A.1 À propos du principe de fonctionnement et du rendement de la chaudière

- A1.1** Dans la chaudière à condensation se produit la transformation de vapeur d'eau en eau liquide. Indiquer si le terme « condensation » est approprié en termes de thermodynamique physique. Justifier la réponse.
- A1.2** En prenant appui sur le schéma du principe de fonctionnement de la chaudière à condensation, expliquer, en quelques lignes, le principe de fonctionnement et l'intérêt d'une telle chaudière.
- A1.3** Indiquer en quoi la valeur du rendement de la chaudière à condensation peut paraître surprenante. Justifier la réponse.
- A1.4** La chaudière condense et évacue beaucoup d'eau en une journée. D'après un chauffagiste cela est dû à la présence de vapeur d'eau dans le gaz de ville qui alimente la chaudière. Commenter cette affirmation.

A.2 Exercice-bilan sur le rendement et les PCI/PCS du gaz naturel

Dans le cadre des séquences d'enseignements généraux liés à la spécialité et de l'accompagnement personnalisé, en vue d'une préparation des élèves à une poursuite d'étude en BTS, il leur est proposé un exercice-bilan (**document 3.b**).

- A2.1** Préciser la signification du sigle « CNTP » et les valeurs de référence qui y sont usuellement associées.
- A2.2** Définir, en précisant les grandeurs mises en jeu, le débit volumique.
- A2.3** Rédiger une correction de l'exercice-bilan (**document 3.b**) proposé aux élèves.
- A2.4** Justifier, en quelques lignes, l'intérêt du projet pédagogique mis en place par les deux enseignants. Le candidat s'appuiera notamment sur sa connaissance des enseignements généraux liés à la spécialité et de l'accompagnement personnalisé.

A.3 Première approche de la différence entre chaleur et température

Beaucoup de recherches en didactique des sciences montrent que les élèves ont des difficultés avec les concepts de chaleur, température et énergie.

Il est donc proposé aux élèves, en classe de 2^{nde} professionnelle, dans le cadre du traitement du module CME1, une expérience simple utilisant l'ébullition de l'eau afin de les aider à différencier chaleur et température.

- A3.1** Décrire cette expérience à l'aide d'un schéma légendé et accompagné d'un texte expliquant en quoi elle permettrait de différencier chaleur et température pour les élèves.
- A3.2** Le **document 3.a** présente plusieurs observations et réactions d'élèves lors de la réalisation de l'expérience.

Indiquer, pour chacune de ces réactions (**R1** à **R5**), si elle est correcte ou non. Proposer, le cas échéant, des régulations (commentaires, illustrations expérimentales) permettant à l'enseignant d'infirmer les conclusions des élèves.

A3.3 Indiquer, en utilisant le premier principe de la thermodynamique, si la chaleur est une forme particulière d'énergie ou un processus particulier de transfert d'énergie.

A3.4 Proposer une définition de la température que pourrait donner un physicien.

Partie B Étude du niveau sonore de la chaudière en fonctionnement

B.1 À propos des sons et des bruits

B1.1 Nommer l'appareil qui permet de mesurer un niveau sonore (ou niveau d'intensité acoustique).

B1.2 Cet appareil de mesure dispose de deux calibres de mesures (dB(A) et dB(C)). En précisant la signification de « dB », expliquer la différence entre ces deux calibres et préciser celui le mieux adapté aux activités expérimentales proposées aux élèves.

B1.3 Écrire, en précisant l'unité associée à chacune des grandeurs, la relation entre le niveau d'intensité acoustique L et l'intensité acoustique I .

B1.4 Associer aux valeurs de niveau d'intensité acoustique 0 dB, 40 dB, 80 dB, 120 dB et 160 dB, les termes suivants : seuil de douleur, seuil de risque, seuil d'audibilité, destruction de l'oreille et seuil de séparation « ambiance calme et gênante ». Présenter la réponse sous la forme d'une échelle graduée des niveaux sonores.

B1.5 En référence au niveau d'intensité acoustique annoncé pour le modèle de chaudière étudié, justifier ou critiquer la phrase : « Elle offre un très bas niveau sonore : 34,1-46,2 dB ».

B.2 À propos de la propagation des sons

Un haut-parleur émet une onde sonore périodique de fréquence f . Le centre du haut-parleur est repéré par le point S. On dispose de deux microphones de centres M_1 et M_2 , tels que les points S, M_1 et M_2 soient alignés selon l'axe noté (Sx). Chaque microphone est relié à une voie d'un oscilloscope. Les deux microphones étant initialement collés l'un à l'autre, on en éloigne un. $M_1M_2 = 27$ cm est la plus petite distance qui permette d'obtenir l'oscillogramme fourni en **annexe 1 (à rendre avec la copie)**.

B2.1 Indiquer s'il s'agit d'un son pur, complexe ou d'un bruit. Justifier.

B2.2 Déterminer la période T et la fréquence f du signal observé. Indiquer la(les) grandeur(s) sur l'oscillogramme fourni en **annexe 1 (à rendre avec la copie)**.

B2.3 Indiquer si l'on peut dire d'une onde sonore qu'elle est longitudinale. Justifier.

B2.4 On suppose que l'élongation au centre S de la membrane est de la forme $y = y_m \sin(2\pi f.t)$. Soit un point M situé à l'abscisse x du point S. Écrire l'expression $y(x, t)$ de l'élongation en ce point. Justifier.

B2.5 En déduire la valeur de la longueur d'onde λ , puis celle de la célérité c du son dans l'air.

B.3 Conceptions des élèves sur la propagation des sons

Le **document 3.c** présente un questionnaire soumis à des élèves et quelques résultats obtenus concernant la propagation d'un son et l'influence du milieu. Il s'agissait pour le chercheur en didactique d'étudier les conceptions des élèves sur ce thème.

- B3.1** Définir ce qu'on entend, en didactique des sciences, au travers de la notion de « conception » et argumenter autour des difficultés posées, à l'enseignant, par ces « conceptions » dans l'apprentissage des sciences.
- B3.2** Répondre au questionnaire du **document 3.c** tel qu'un physicien le ferait.
- B3.3** Proposer un libellé (une courte phrase) permettant de caractériser la conception des élèves conduisant aux réponses **R6**, **R7** et **R8**.
- B3.4** Proposer le moyen qui vous semble le plus efficace pour déconstruire la conception décrite dans la question précédente.

Partie C Entretien de la chaudière

C.1 Étude de la mise en place d'un adoucisseur d'eau en amont

Le **document 3.d** présente une situation d'évaluation proposée aux élèves au cours de la classe de terminale.

- C1.1** Définir la dureté de l'eau.
- C1.2** Définir le titre hydrotimétrique total d'une eau.
- C1.3** Proposer, dans le cadre de la question A.1 du **document 3.d**, un protocole expérimental qui pourrait être fourni à un élève en cas d'échec (non réponse ou réponse erronée) à la question.
- C1.4** Proposer, dans le cadre de la question B.2 du **document 3.d**, un encadrement du volume équivalent. Justifier la réponse.
- C2.5** Compléter les parties grisées de la grille d'évaluation en **annexe 3 (à rendre avec la copie)** en précisant la liste des capacités et connaissances évaluées ainsi que le code des questions (A.1, A.2, ...) correspondant aux différentes compétences.

N.B : Un même code question peut ouvrir sur différentes compétences.

C.2 À propos du désembouage

- C2.1** Préciser le type de réaction chimique que subit le métal lors de sa corrosion.
- C2.2** Citer trois facteurs qui favorisent la corrosion.
- C2.3** Parmi les moyens de protection d'un métal contre la corrosion on utilise par exemple la passivation d'un métal par l'acide nitrique fumant. Expliquer le principe de la protection d'un métal par passivation.

Le tartre est essentiellement constitué de carbonate de calcium solide de formule $\text{CaCO}_3(\text{s})$.

- C2.4** Déterminer la solubilité du carbonate de calcium dans l'eau à 25°C, en considérant que les espèces dissoutes n'ont pas de propriétés acido-basiques particulières. Détailler le raisonnement en s'appuyant sur un tableau d'avancement. On donne $pK_s(\text{CaCO}_3) = 8,4$ à 25°C.
- C2.5** En considérant maintenant les propriétés acido-basiques des ions carbonate CO_3^{2-} dans l'eau, prévoir par un raisonnement qualitatif si la valeur réelle de la solubilité est supérieure, égale ou inférieure à celle déterminée précédemment.

C.3 À propos des gaz d'échappement et des condensats

Les gaz d'échappement, dont le dioxyde de carbone produit par la combustion, se dissolvent dans l'eau des condensats. Ainsi une partie du dioxyde de carbone gazeux produit par la chaudière n'est pas évacuée dans l'atmosphère mais est dissoute dans l'eau des condensats.

L'**annexe 2 (à rendre avec la copie)** présente le diagramme de distribution des espèces acido-basiques issues du dioxyde de carbone dissous (CO_2 , H_2O) en fonction du pH, les valeurs de pK_A des couples en jeu étant :

$$pK_{A1}(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-) = 6,4 \text{ et } pK_{A2}(\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}) = 10,3.$$

- C3.1** Expliquer en quoi le piégeage du dioxyde de carbone dans les condensats est intéressant.
- C3.2** Attribuer aux trois courbes du diagramme les différentes espèces en jeu. Indiquer leur nom sur le diagramme en **annexe 2 (à rendre avec la copie)**.
- C3.3** À l'aide du diagramme, retrouver les valeurs des pK_A associés aux couples concernés. Justifier la réponse.
- C3.4** Calculer le pH d'une eau exempte de toute espèce dissoute à l'exception du dioxyde de carbone, sachant que la concentration de dioxyde de carbone (CO_2 , H_2O) est constante et vaut $C_0 = 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$. On détaillera le raisonnement et on vérifiera la validité des approximations effectuées.
- C3.5** L'acidité des condensats peut porter atteinte aux canalisations en fonte (alliage de fer et de carbone). Expliquer à l'aide de l'équation d'une réaction chimique.
- C3.6** Il est recommandé d'utiliser des filtres neutralisants qui diminuent l'acidité des condensats avant leur évacuation vers les eaux usées dans les égouts. Les filtres neutralisants sur le marché contiennent de la Calcite et du Corosex. La Calcite est un sable qui contient du carbonate de calcium et le Corosex est un oxyde de magnésium. Estimer si le Corosex est une base plus forte ou plus faible que la Calcite.

Partie D Mesure de la teneur en monoxyde de carbone

D.1 À propos du capteur électrochimique mesurant la teneur en CO

En France, l'entretien annuel de son installation de chauffage et de production d'eau chaude est obligatoire. La visite d'entretien par un professionnel comporte une liste d'opérations à effectuer, comme la mesure de la teneur en différents gaz selon le type de chaudière (dioxyde de carbone, monoxyde de carbone, dioxygène, etc.).

- D1.1** Donner la formule de Lewis des trois gaz cités précédemment (CO_2 , CO et O_2).
- D1.2** Préciser en quoi il est important de mesurer la teneur en monoxyde de carbone.
- D1.3** Écrire la demi-équation électronique pour le couple CO_2/CO à l'électrode de travail. Préciser de quel type d'électrode (anode ou cathode) il s'agit.
- D1.4** Écrire la demi-équation électronique pour le couple $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ à l'électrode auxiliaire. Préciser de quel type d'électrode (anode ou cathode) il s'agit.
- D1.5** En déduire l'équation de la réaction de fonctionnement de ce capteur électrochimique.
- D1.5** Expliquer en quoi ce capteur est assimilable à une pile électrochimique.

D.2 Introduction de la pile électrochimique par l'histoire des sciences

Les **documents 3.e** et **3.f** concernent les origines historiques de la pile électrochimique.

- D2.1** Citer en les justifiant au moins deux avantages et deux inconvénients de l'utilisation, en cours de sciences, de la vidéo décrite.
- D2.2** A la fin du 18^{ème} siècle on assiste à un affrontement entre les tenants du galvanisme et ceux du voltaïsme, jusqu'à ce que Volta propose son dispositif expérimental en 1800 à la Royal Society. Argumenter autour de l'utilité de mentionner en classe la controverse entre « galvanistes » et « voltaïstes ».
- D2.3** De manière générale, indiquer s'il est bénéfique pour l'apprentissage des élèves, de les faire travailler sur les erreurs de scientifiques de renom. Argumenter.
- D2.4** Réaliser un schéma légendé de la pile Volta telle qu'il l'a décrite lui-même en 1800. Expliquer pourquoi il est nécessaire de réaliser un tel empilement.
- D2.5** Citer les trois constituants fondamentaux d'une pile électrochimique.
- D2.6** Proposer une exploitation des **documents 3.e** et **3.f** pour entamer l'apprentissage de la connaissance du principe d'une pile. On présentera, dans un tableau à deux colonnes, les tâches demandées aux élèves et leur activité attendue.

D3. Évaluation de la réalisation d'une pile électrochimique

En classe de première professionnelle, l'enseignant souhaite évaluer la capacité de ses élèves à « réaliser une pile et mesurer la tension aux bornes de cette pile ». Pour cela il leur fournit le schéma du montage permettant de mesurer la force électromotrice de la pile Daniell. Le schéma n'est pas donné dans cet énoncé, cependant on rappelle au candidat que la pile Daniell est constituée par les couples redox Cu^{2+}/Cu et Zn^{2+}/Zn , de potentiels standards respectifs $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$ et $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = - 0,76 \text{ V}$ (à 25°C).

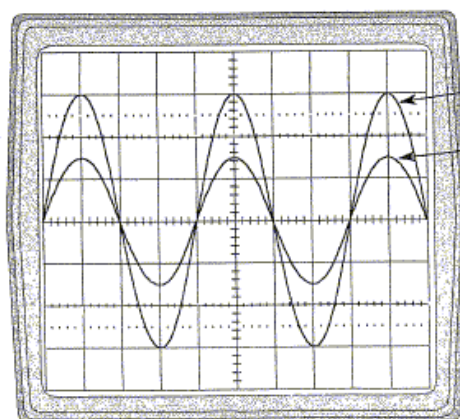
- D3.1** Réaliser un schéma légendé du montage expérimental permettant de mesurer la force électromotrice de la pile Daniell.

L'annexe 3 (à rendre avec la copie) comporte la photographie du montage réalisé par un élève de première professionnelle. Celui-ci appelle l'enseignant pour être évalué avant de pouvoir allumer le multimètre.

- D3.2** Compléter pour cet élève le tableau d'évaluation de la compétence « Réaliser » en **annexe 4 (à rendre avec la copie)**.

ANNEXES. Documents-réponses à rendre avec la copie

Annexe 1. Oscillogramme obtenu lors de l'étude d'une onde sonore.

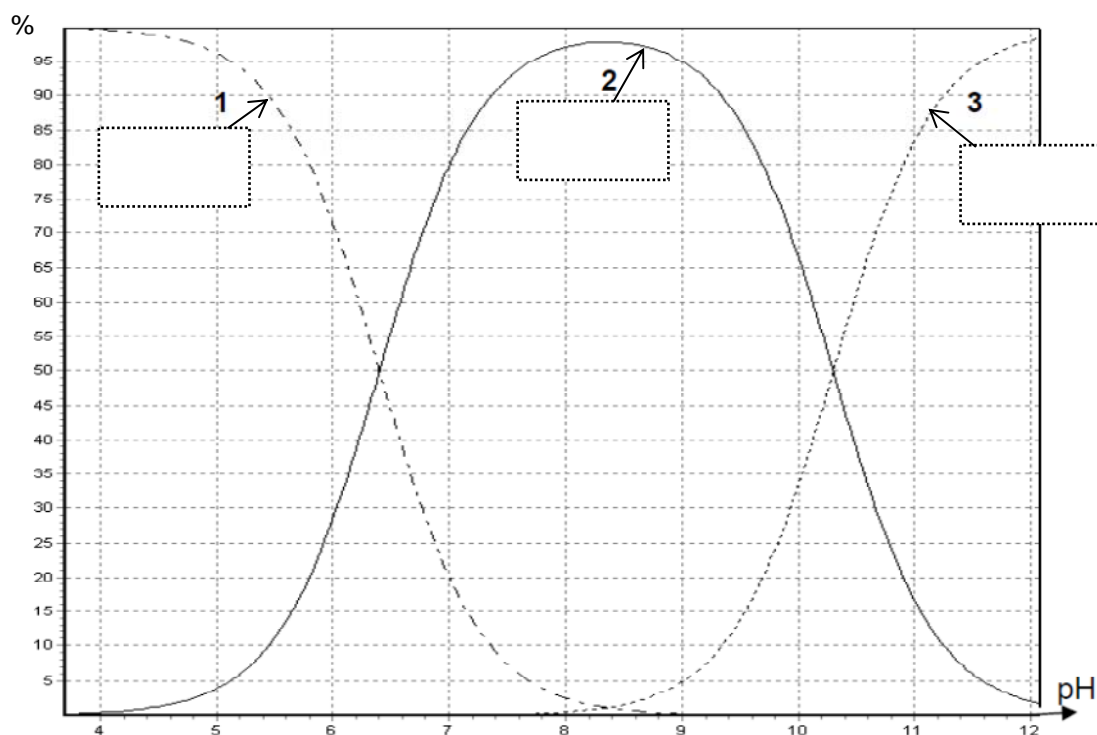


Signal reçu par M_1

Signal reçu par M_2

Balayage horizontal : 0,2 ms/div

Annexe 2. Diagramme de distribution des espèces acidobasiques issues de (CO_2 , H_2O).



Annexe 3. Grille d'évaluation du sujet présenté dans le document 3.d

❶ Liste des capacités, connaissances et attitudes évaluées

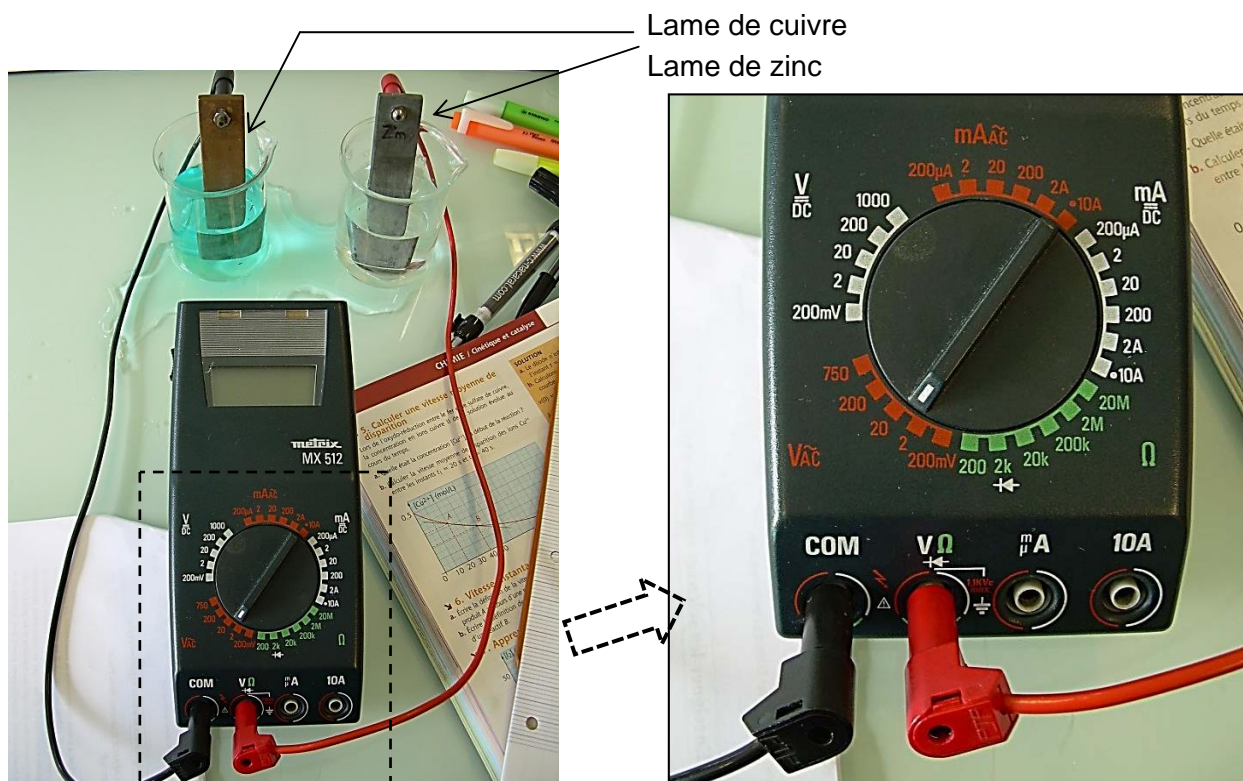
Capacités	
Connaissances	
Attitudes	

❷ Évaluation

	Compétences	Aptitudes à vérifier	Questions	Appréciation du niveau d'acquisition
Activité expérimentale	S'approprier	<ul style="list-style-type: none"> - rechercher, extraire et organiser l'information utile, - comprendre la problématique du travail à réaliser, - montrer qu'il connaît le vocabulaire, les symboles, les grandeurs, les unités mises en œuvre. 		
	Analyser	<ul style="list-style-type: none"> - analyser la situation avant de réaliser une expérience, - formuler une hypothèse, - proposer une modélisation, - choisir un protocole ou le matériel / dispositif expérimental. 		
	Réaliser	<ul style="list-style-type: none"> - organiser son poste de travail, - mettre en œuvre un protocole expérimental, - utiliser le matériel choisi ou mis à sa disposition, - manipuler avec assurance dans le respect des règles élémentaires de sécurité. 		
	Valider	<ul style="list-style-type: none"> - exploiter et interpréter des observations, des mesures, - vérifier les résultats obtenus, - valider ou infirmer une information, une hypothèse, une propriété, une loi ... 		
				/ 7
Compte Rendu écrit et oral	Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - rendre compte d'observation et des résultats des travaux réalisés, - présenter, formuler une conclusion, expliquer, représenter, argumenter, commenter. 		
				/ 3
			TOTAL	/ 10

Annexe 4. Évaluation de la pile Daniell réalisée par un élève.

Pile Daniell réalisée par un élève de première professionnelle :



L'enseignant évalue le montage avant que l'élève n'allume le multimètre :

Compétence	Critères d'évaluation	Montage de l'élève	
		Correct	Incorrect
Réaliser	La lame de cuivre est trempée dans la solution de sulfate de cuivre, la lame de zinc est trempée dans la solution de sulfate de zinc.	X	