

SESSION 2020

CAPLP
CONCOURS EXTERNE et CAFEP
3^{ème} CONCOURS

SECTION MATHÉMATIQUES – PHYSIQUE-CHIMIE

ÉPREUVE ÉCRITE SUR DOSSIER DE PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 4 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Thème d'étude : Adduction électro solaire d'eau potable pour un village et électrification solaire d'un dispensaire au Mali

Contexte pédagogique du sujet

L'étude de l'amélioration d'installations d'eau potable et d'électrification a été choisie par les enseignants intervenant en sciences et dans le domaine professionnel des sections de baccalauréat professionnel « *Métiers de l'électricité et de ses environnements connectés* » et « *Procédés de la chimie, de l'eau et des papiers cartons* ». Ce travail 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 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 une section de techniciens supérieurs (STS) 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 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 :

- **collection 1** : documentation scientifique et technique liée au thème du sujet (pages 3 à 11) ;
- **collection 2** : textes réglementaires et officiels (pages 12 à 14) ;
- **collection 3** : documents supports à l'enseignement et productions d'élèves (pages 15 à 18).

Travail à réaliser par le candidat (pages 19 à 24)

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.

Documents réponses (pages 25 à 30)

Le candidat rend, avec son ensemble de copies, les documents réponses présents en fin de sujet.

DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 1 : Documentation scientifique et technique

Document 1.1 : Contexte de l'étude

En 2017, la République du Mali comptait plus de 18 millions d'habitants, sur une superficie de 1,24 million de kilomètres carrés. Le pays est traversé, du Sud-Ouest à l'Est, par le fleuve Niger. Le Mali est un pays en développement, avec 65 % de son territoire en région désertique ou semi-désertique. En 2016, le taux d'alphabétisation était de 31 %.

Dans un des villages isolés du Mali un dispensaire a été réhabilité en 2000. Des visites de santé ont lieu plusieurs fois par an. Dès 2001, un périmètre de maraîchage a été créé et une formation adéquate a été donnée. Un forage y a été creusé. Un émetteur de radio/santé diffuse sur un rayon de plus de 50 km, notamment pour lutter contre la malnutrition, améliorer l'hygiène et lutter contre les maladies sexuellement transmissibles.

Les améliorations envisagées sont :

- adduction électro-solaire d'eau potable villageoise à laquelle sera raccordé le dispensaire, à partir du forage proche de l'école, initialement équipé d'une pompe à motricité humaine ;
- alimentation électro-solaire de ce dispensaire, qui dessert une population de 5 000 personnes, afin de permettre les interventions de nuit et d'alimenter un réfrigérateur pour stocker les médicaments.

Document 1.2 : Données chimiques

à 25°C :

$$K_{S1}(\text{Mn}(\text{OH})_2) = 1,9 \cdot 10^{-13}$$

$$K_{S2}(\text{Mn}(\text{OH})_3) = 2,1 \cdot 10^{-36}$$

$$E^\circ(\text{Mn}^{3+} / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{I}_2 / \text{I}^-) = 0,62 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{S}_4\text{O}_6^{2-} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,08 \text{ V}$$

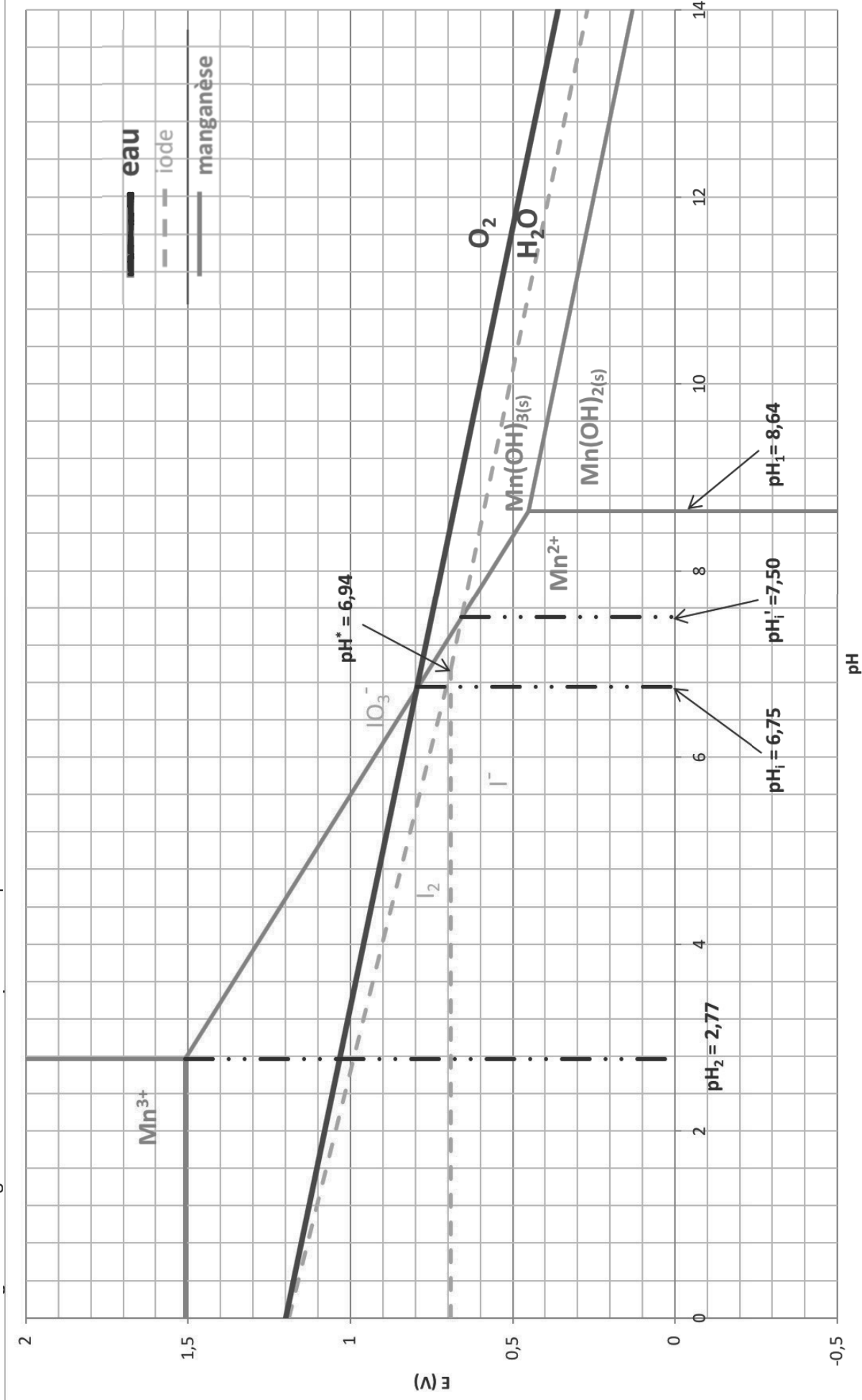
$$E^\circ(\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{IO}_3^- / \text{I}_2) = 1,20 \text{ V}$$

Le thiodène est un solide constitué d'amidon et d'urée.

Document 1.3 : Diagrammes $E=f(\text{pH})$ du manganèse, de l'iode et de l'eau

La concentration de tracé en espèces dissoutes est prise égale à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La convention de frontière entre deux domaines de prédominance d'espèces dissoutes est l'égalité des concentrations des espèces.



Document 1.4 : Extrait du dossier technique de l'adduction d'eau (www.ias-ch.org)

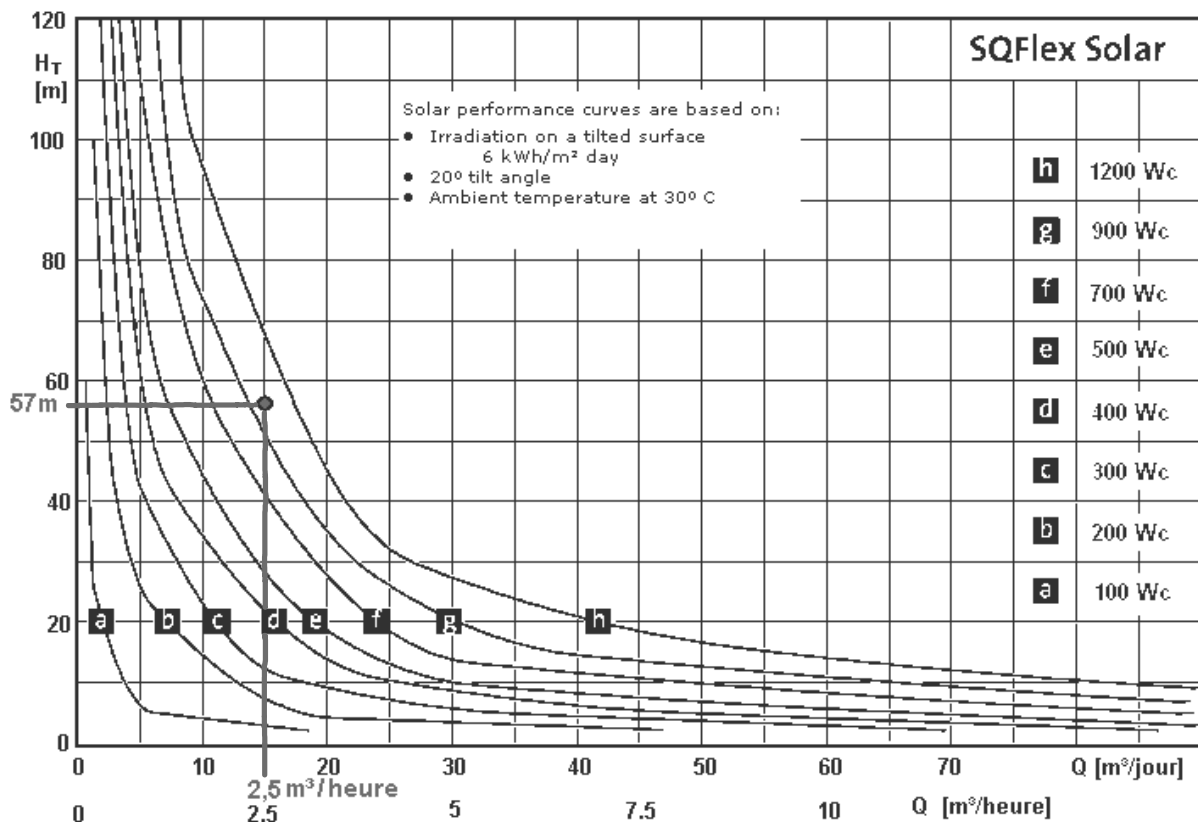
Devant l'école (elle-même parallèle au dispensaire qui en est séparé d'une vingtaine de mètres) se trouve un forage équipé d'une pompe à pieds, réalisé en janvier 1994. D'une profondeur de 58,15 mètres, il peut débiter jusqu'à 5 600 litres par heure, selon sa plaque signalétique.

Idéalement placé pour alimenter directement le dispensaire et l'école et d'une capacité suffisante, ce forage pourrait être réhabilité et doté d'un pompage électro-solaire alimentant en plus le quartier. On évite ainsi les frais de prospection géophysique et un nouveau forage, deux fois plus onéreux que la réhabilitation.

La pompe électrique pourra être placée à une profondeur de 45 m soit 10 m en dessous du niveau d'eau de la nappe phréatique. La cour de l'école est assez vaste pour abriter le château d'eau de 8,3 m de hauteur. Ainsi, le château d'eau et le forage ne seront séparés que de 5 m horizontalement.

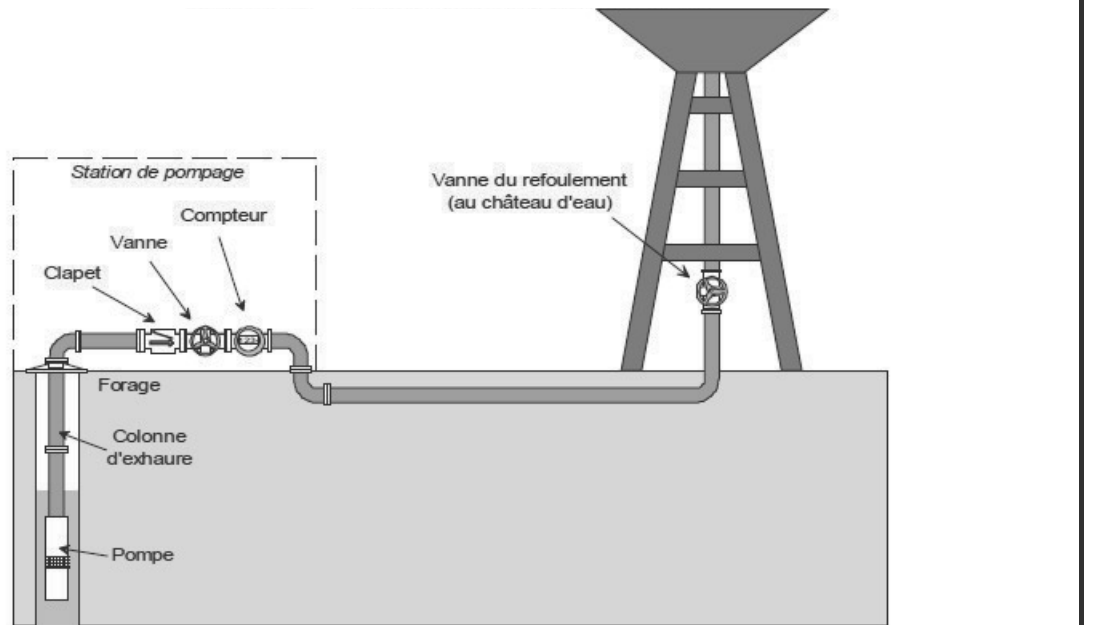
On opte pour un système électro-solaire basé sur une pompe Grundfos SQFlex SQF 2.5-2. Système déjà installé avec succès au Mali en février 2005, ainsi qu'au Bénin en 2005 et au Togo en 2006 qui peut très bien être aussi installé ici où il y a un ensoleillement correspondant à une moyenne de 6 heures d'octobre à mai.

La pompe sera alimentée par des panneaux photovoltaïques à travers un contrôleur Grundfos adéquat. D'après le graphique suivant, à 30°C, sous une irradiation de 6 kW.h/m²/jour, la pompe, alimentée par des panneaux photovoltaïques (inclinés à 20°) de puissance crête totale 1 125 W crête, pourra débiter 2,5 m³/h pour une hauteur manométrique totale de 57 m.



L'eau sera accumulée dans le château d'eau, puis distribuée à 2 bornes fontaines où elle sera vendue à un prix modéré, acceptable par la population et permettant d'alimenter un « fonds d'entretien - renouvellement - investissement ». Pour le dispensaire et l'école, l'eau est installée directement et non facturée. Le fonds servira notamment pour pouvoir remplacer la pompe au bout de quelques années, réparer les robinets usés, etc.

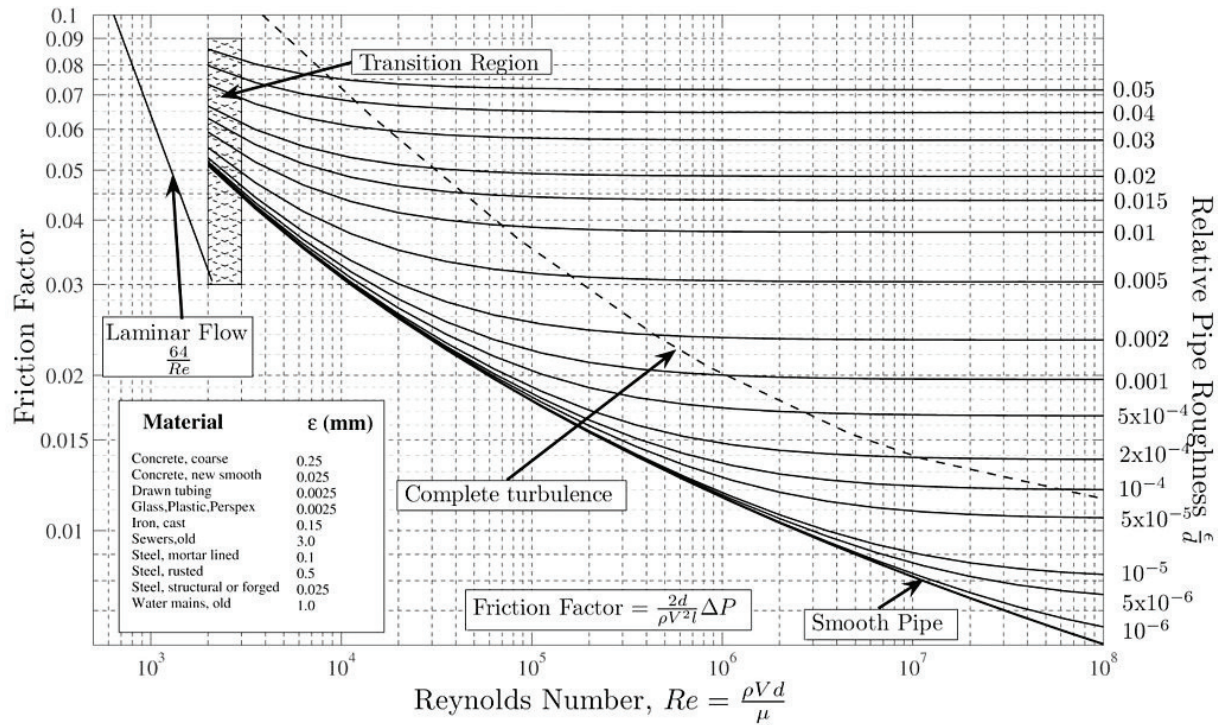
Document 1.5 : Refoulement : du forage au réservoir (schéma de principe sans panneau solaire)



Le refoulement est la partie entre la pompe et le réservoir (voir schéma de principe ci-dessus). La pompe dans le forage refoule l'eau vers le réservoir à travers la conduite de refoulement. En dehors du forage, une partie de la conduite peut être enterrée pour aller vers le réservoir. S'il s'agit d'un château d'eau, une partie de la conduite peut être à l'air libre pour monter à la cuve.

- Le clapet anti-retour ne laisse passer l'eau que dans un seul sens : de la pompe vers le château d'eau. Lorsque le pompage s'arrête, le clapet se referme, et l'eau ne peut pas redescendre vers la pompe. La pompe possède elle aussi un clapet anti-retour à son niveau, par sécurité. En effet, il ne faut pas que l'eau redescende dans le forage à chaque fois que l'on arrête la pompe. Habituellement, on considère que chacun des clapets engendre la même perte de charge qu'un coude à 180°.
- Le premier robinet-vanne sert à faire les « démarrages vanne fermée » lorsque la colonne d'exhaure est vide. Il est donc complètement ouvert en régime de fonctionnement.
- Le compteur volumétrique affiche le nombre de m³ qui sont passés dans la conduite depuis qu'il a été installé. Il sert à indiquer le volume pompé tous les jours. Habituellement, on considère que ce compteur engendre la même perte de charge qu'un clapet anti-retour.
- L'eau monte ensuite dans le réservoir, par la conduite de refoulement sur laquelle il y a le robinet-vanne de refoulement que l'on ne ferme que durant les entretiens du réservoir.
- Les 4 coudes sont de courbure moyenne.

Document 1.6 : Diagramme de Moody et formule de Darcy



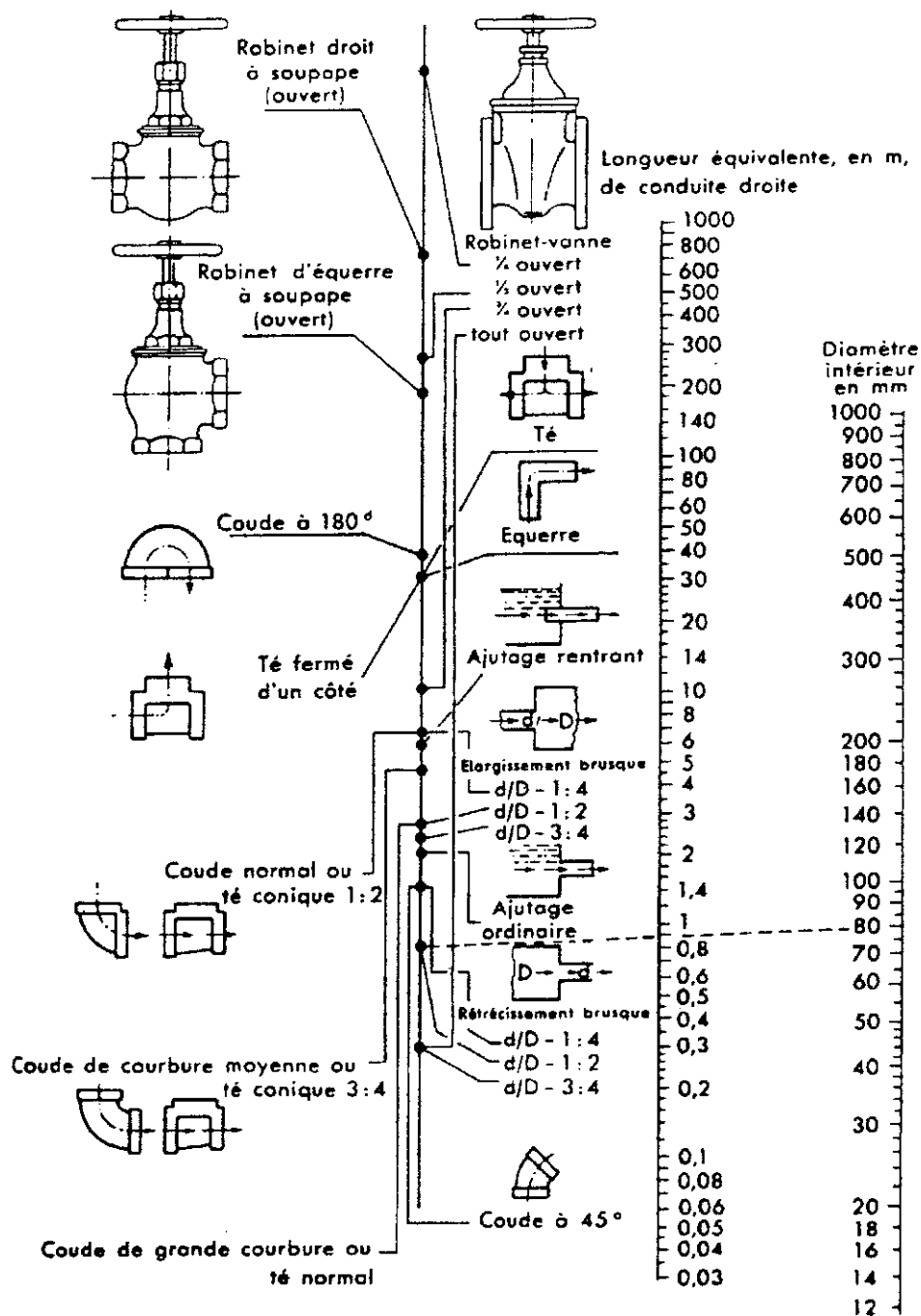
avec : ρ : masse volumique en kg/m^3 , μ : viscosité dynamique en Pa.s et V : vitesse en m/s

Formule de Darcy : $\Delta P_f = f \frac{\rho V^2}{2} \frac{(L+L_e)}{d}$ avec f le facteur de friction du diagramme de Moody et L_e la longueur équivalente de conduite droite.

Document 1.7 : Diagramme donnant les longueurs équivalentes de conduite droite pour divers accessoires de tuyauterie

Exemple d'utilisation en pointillés :

Un rétrécissement brusque tel que $d/D = 1/2$. Si $D = 80 \text{ mm}$ la longueur équivalente de conduite droite est de **0,90 m**.



Document 1.8 : Énergie solaire disponible dans le village malien (Niakourazana).

La situation de la région est très favorable de ce point de vue. Les données montrent que l'on peut compter sur une irradiance solaire, en moyenne sur une journée de beau temps, d'au moins $I_{r_{village}} = 0,20 \text{ kW.m}^{-2}$ d'octobre à mai (saison sèche) si on incline les panneaux vers le sud à 20 degrés.

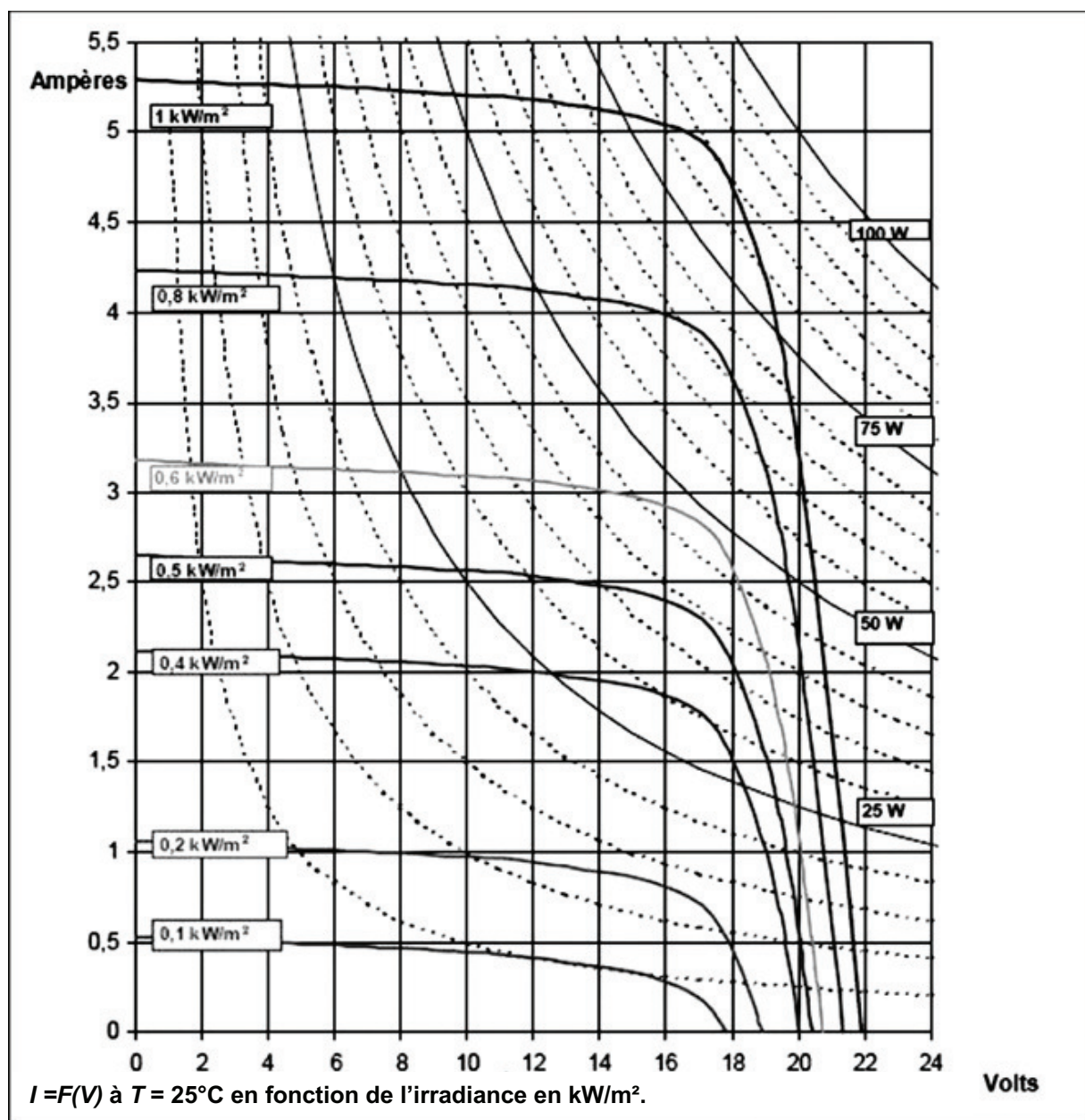
On voit de plus sur le tableau suivant que la probabilité d'avoir deux jours consécutifs sans soleil est quasiment nulle.

Il s'agit donc d'un climat très favorable aux installations électro-solaires.

Nbre équiv. de jours sans soleil par mois dans la région de Niakourazana (NASA Solar Energy Data Set)

mois	JAN	FÉV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEP	OCT	NOV	DÉC
jours	1.7	1.5	2.3	1.8	2.6	1.3	1.2	2.9	2.6	2.0	0.9	1.3

Document 1.9 : Caractéristiques d'un panneau choisi pour le dispensaire du village.



Document 1.10 : Consommation électrique envisagée pour le dispensaire :

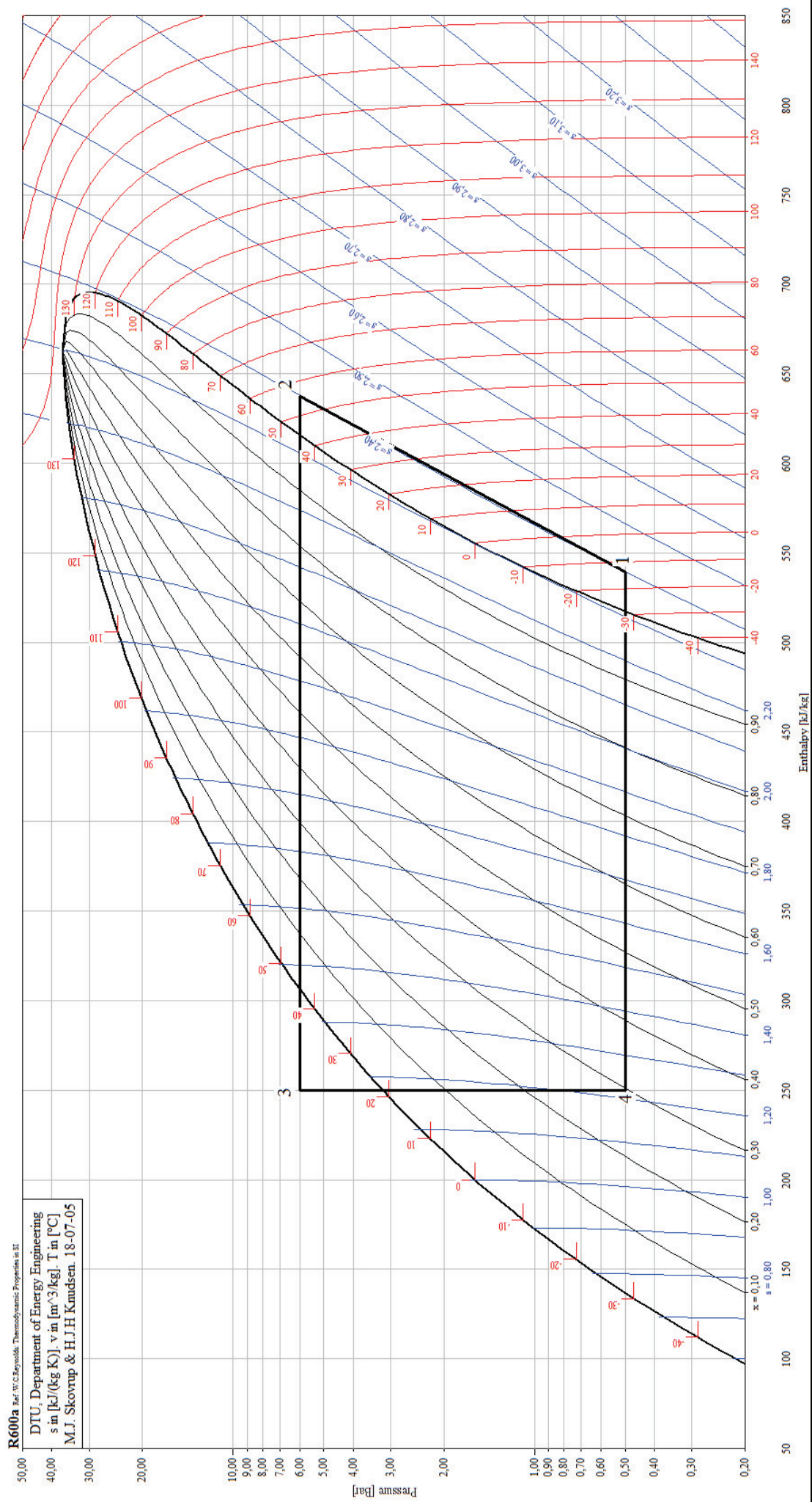
- 20 lampes à LED à très haut rendement de 6 W utilisées en moyenne 4 heures par jour ;
- radio de 100 W utilisée en moyenne 6 heures par jour ;
- réfrigérateur de stockage des médicaments : consommation électrique 860 W.h/jour.

Document 1.11 : Caractéristiques des panneaux photovoltaïques

Les panneaux ont chacun une surface de 1 m² et sont inclinés vers le sud à 20 degrés.

Les pertes électriques (notamment au niveau des batteries) et de salissure du panneau entraînent une correction à apporter : la puissance produite n'est que 65 % de celle qu'on aurait pu attendre.

Document 1.12 : Cycle dans le diagramme des frigorigères du R600A



DOSSIER DOCUMENTAIRE

Collection 2 : Textes réglementaires et officiels

Document 2.1 : Extraits du B.O. spécial n°2 du 19 février 2009 Programmes de Sciences Physiques et Chimiques de Bac Pro.

T 3		Cycle terminal Tronc commun
COMMENT PROTÉGER UN VÉHICULE CONTRE LA CORROSION ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
Mettre en évidence expérimentalement l'influence de certains facteurs extérieurs sur la corrosion du fer. Identifier dans une réaction donnée un oxydant et un réducteur. Classer expérimentalement des couples rédox. Prévoir si une réaction est possible à partir d'une classification électrochimique. Écrire et équilibrer les demi-équations Écrire le bilan de la réaction d'oxydoréduction.	Savoir que certains facteurs tels que l'eau, le dioxygène et le sel favorisent la corrosion. Savoir qu'un métal s'oxyde. Savoir qu'une réaction d'oxydoréduction est une réaction dans laquelle intervient un transfert d'électrons. Savoir qu'une oxydation est une perte d'électrons.	Observation et interprétation de l'expérience d'un clou plongé dans de l'eau de Javel. Action de l'eau de Javel sur un clou entouré de cuivre, de zinc, d'aluminium Protection cathodique d'un métal Protection à l'aide d'un inhibiteur, par anode sacrificielle, par dépôt électrolytique d'un métal (chromage, nickelage, ...), par peinture, voile plastique. Passivation d'un métal par l'acide nitrique fumant

T 4		Cycle terminal Tronc commun
POURQUOI ÉTEINDRE SES PHARES QUAND LE MOTEUR EST ARRÊTÉ ?		
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 6	COMMENT FONCTIONNENT CERTAINS DISPOSITIFS DE CHAUFFAGE ?	Cycle terminal Spécialité
1. Comment fonctionne une plaque à induction ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
Identifier les pôles d'un aimant et d'une bobine parcourue par un courant continu. Déterminer expérimentalement le sens d'un champ magnétique créé par un courant électrique. Déterminer le sens d'un courant induit. Mettre en évidence les effets du courant induit.	Savoir comment peut être créé un champ magnétique. Savoir que la variation du flux magnétique produit un courant électrique (loi de Faraday). Savoir que le courant induit s'oppose à la cause qui lui a donné naissance (loi de Lenz). Connaître le principe de chauffage dans une casserole placée sur une plaque à induction.	Mise en évidence expérimentale d'un courant induit dans un circuit par la variation du flux magnétique. Détermination expérimentale du sens du champ magnétique. Mise en évidence expérimentale de la loi de Lenz. Mesure d'un champ magnétique à l'aide d'un teslamètre. Recherches et analyses documentaires relatives aux plaques à induction et vitrocéramiques.
2. Comment faire varier la température d'un gaz sans le chauffer ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
Mesurer une pression à l'aide d'un manomètre. Calculer une pression et la convertir en bar ou en pascal. Vérifier expérimentalement la loi de Boyle-Mariotte ($P V = n R T$).	Connaître l'influence de la pression et du volume sur la température. Connaître l'unité du système international de mesure de la pression.	Utilisation d'un dispositif expérimental permettant d'étudier la compression et la détente d'un gaz. Analyse de documents relatifs aux pompes à chaleur (air/air, air/eau, eau/eau), aux compresseurs et aux détendeurs. Étude du cas d'une pompe à chaleur qui peut produire du froid (réfrigérateur, climatiseur). Étude de documents techniques relatifs aux climatisations, aux machines thermiques. Recherches documentaires sur l'histoire de la thermodynamique (Carnot, Clapeyron, etc.)
3. Quelles contraintes faut-il prendre en compte dans une installation de chauffage central ?		
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
Calculer une vitesse moyenne d'écoulement. Calculer un débit volumique. Déterminer expérimentalement les pressions et vitesses d'écoulement en différents points d'un fluide en mouvement. Appliquer l'équation de conservation du débit. Appliquer l'équation de conservation de l'énergie mécanique dans un fluide en mouvement (Bernoulli).	Connaître le principe de conservation du débit volumique d'un fluide en écoulement permanent.	Analyse de documents relatifs au chauffage central. Mesure d'une vitesse d'écoulement (tube de Pitot relié à un manomètre différentiel). Mesure du débit avant, après et dans un étranglement (tube de Venturi). Mesure et calcul de vitesses d'écoulement et de débits sur une installation professionnelle.