

Session 2014

## BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

### Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

Eléments de correction

#### ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

#### Constitution du sujet :

- Dossier Sujet (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
  - PARTIE 1 (3 heures) ..... Pages 4 à 9
  - PARTIE 2 (1 heures) ..... Pages 10 à 13
- Dossier Technique ..... Pages 14 à 27
- Documents Réponse ..... Pages 28 à 30

**Le dossier sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Les documents réponse DR1 à DR2 (pages 25 à 26) seront à rendre agrafés avec vos copies.**

**Le corrigé comporte 30 pages.**

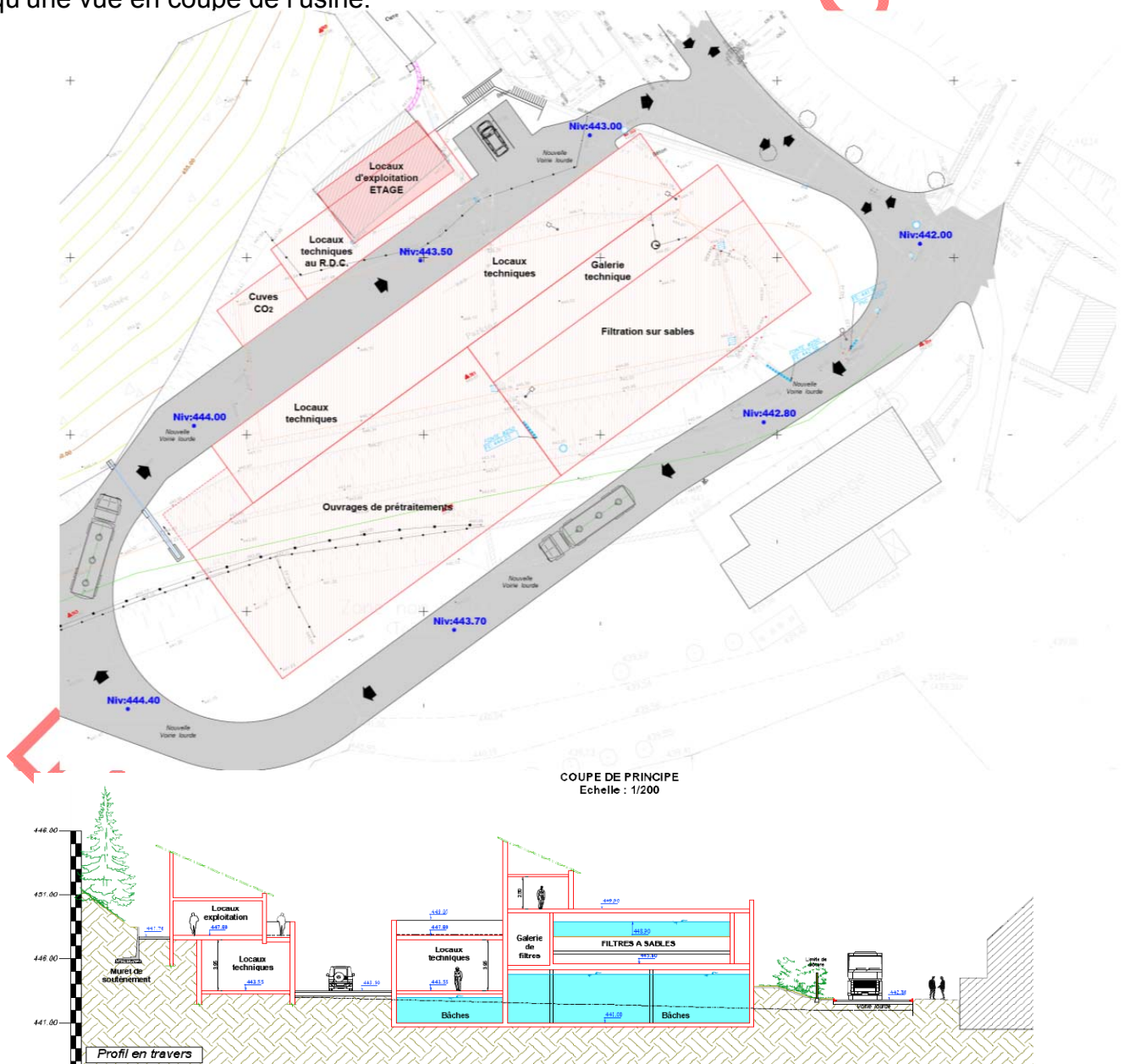
## Mise en situation

L'alimentation en eau potable des communes du SYNDICAT MIXTE ROANNAISE DE L'EAU est assurée en majorité par les barrages du Chartrain et du Rouchain et une usine de traitement d'eau de surface, l'usine de RENAISSANCE implantée sur le site des barrages. Pour répondre au besoin en eau potable du pays Roannais et améliorer les performances économiques et environnementales de l'unité de production, le syndicat Mixte Roannaise de l'eau a décidé la construction d'une nouvelle unité de traitement d'eau potable.

Bien sûr, aujourd'hui, il ne faut plus considérer l'eau comme inépuisable et inaltérable, ce nouvel équipement permettra de mieux traiter cette ressource naturelle pour les différents usages ; ménages, équipements publics et industriels.

La capacité de traitement sera de 40 000 m<sup>3</sup> par jour (contre 20 000 m<sup>3</sup> par jour pour l'usine actuelle) et la mise en service de l'usine est planifiée pour le deuxième semestre 2014.

La solution d'implantation proposée (pré-implantation provisoire) figure ci-dessous ainsi qu'une vue en coupe de l'usine.



Le site des barrages est inscrit sur l'inventaire des sites pittoresques de la Loire, avec un paysage remarquable constitué d'éléments naturels marquants (pins, roches, ruisseaux,...) renforcé par la présence d'ouvrages de génie civil imposants (les 2 barrages : barrage du Rouchain et Chartrain).

La proximité d'un parc ombragé, une auberge, un mini golf, des jeux et promenades à poneys pour les enfants, de sentiers de ballade sont aussi des éléments à assimiler.

### 1. Présentation du projet

L'autre élément important participant à la pertinence du projet et à son implantation tient à la topographie particulière du lieu et à la nécessité technique d'intégrer le profil hydraulique et les contraintes altimétriques (écarts de dénivelée nécessaires) imposés pour le fonctionnement de l'usine. Le projet consiste alors à faire coexister les choix liés au processus de potabilisation de l'eau avec l'enveloppe architecturale, mais aussi de travailler un bâtiment en osmose avec le paysage



### 2. Aménagement du terrain

3.

Le terrain sur lequel s'implantera le projet se situe au sud de l'usine existante, sur un parking, d'une vingtaine de places, destiné au personnel travaillant sur le site.

En raison de cette implantation imposée par le programme et le processus de potabilisation, le terrain sera remodelé afin d'intégrer au mieux le bâtiment dans la topographie. Le bâtiment, malgré son gabarit important, ne doit pas s'imposer dans le paysage, mais en devenir un élément immuable.



### 4. Implantation, organisation, composition et volumes du projet

Cette implantation de la nouvelle usine découle ainsi de la volonté de favoriser une gestion équilibrée des divers flux (exploitants, livraisons par poids lourds, promeneurs...), et également d'offrir une « image » agréable et respectueuse de l'environnement.



## PARTIE 1

**L'évolution de la consommation et des normes ont imposé à la Roannaise des eaux la construction d'une nouvelle usine. On se propose de vérifier que cette usine va bien permettre de résoudre cette problématique.**

**Problématique : comment produire de l'eau en limitant l'impact environnemental ?**

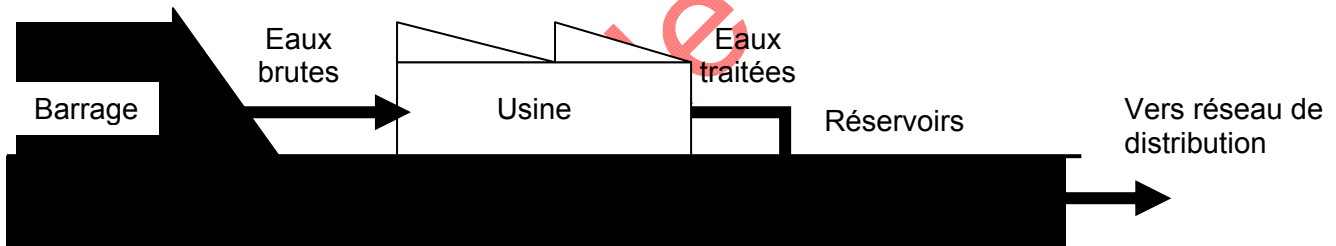
### Travail demandé

Question 1.1 | ✍ **Justifier et argumenter** le choix de la Roannaise des eaux de se lancer dans la construction d'une nouvelle usine de traitement des eaux potables. Voir DT1  
Amélioration des fonctionnements actuels et préparer les besoins du futur dans un souci de développement durable. Il doit être tenu compte de : besoins recensés (actuels et futurs) et des objectifs de sécurisation et de qualité.

### → Détermination des besoins de stockage en eau potable sur le territoire.

L'usine traite un débit journalier constant d'eau potable ( $40\,000\text{m}^3/\text{Jour}$ ) et ceci, quelle que soit la consommation de la population. D'autre part pour des raisons de maintenance, l'usine ne fonctionne que 20h/24h (quatre heures d'arrêt journalier consécutives). Dans ces conditions, de façon à lisser les appels en eau potable, et aussi pour pouvoir continuer à fournir de l'eau, même pendant les quatre heures d'arrêt journalier, un ensemble de réservoir est installé pour stocker les eaux traitées.

Schéma de principe :



Question 1.2 | ✍ **Calculer**, à partir des données de production, la capacité de traitement horaire de l'usine en  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

$40\,000\text{ m}^3/\text{jour}$  sur une production de 20h/jour donne  $2000\text{m}^3/\text{h}$

Question 1.3 | ✍ **Colorier**, sur le graphique « prévision de consommation journalière en 2014 » la zone d'arrêt de l'usine. Cf DR1

DR1

Remarque : l'arrêt devra être en accord avec les prévisions de consommation.

✍ **Tracer**, sur le même graphique, la capacité de traitement de l'usine. Cf DR1

Question 1.4 | ✍ **Calculer** le volume minimum devant être stocké pour garantir l'approvisionnement pendant la phase d'arrêt que vous aurez définie à la question 1.3 et le **reporter** dans la case correspondante.

DR1

Consommation entre 0 et 4h à  $300\text{m}^3/\text{h}$  pdt 4h : Volume de  $1200\text{m}^3$



On constate, sur le graphique « prévision des consommations journalières en 2014 », qu'à certaines heures la consommation est supérieure à la capacité de traitement de l'usine. On prendra comme capacité de production pour la suite des calculs  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Question 1.5 | **✍ Déterminer et reporter** sur le graphique « prévision de consommation journalière en 2014 » l'excès de consommation. Cf DR1

DR1

**✍ Vérifier** que le volume de stockage, défini à la question 1.4, est suffisant pour compenser l'excès de consommation maximum. Non, le volume de stockage n'est pas suffisant, il faut l'augmenter et passer à  $1800 \text{ m}^3$

Pour garantir la bonne distribution de l'eau, « Roannaise de l'eau » a choisi deux réservoirs de  $4250 \text{ m}^3$ .

Question 1.6 | **✍ Rédiger** une conclusion quant au choix de cette capacité de stockage en eau potable en fonction du graphique « prévisions des consommations journalières en 2014 » et des perspectives futures. **Besoins actuels compensés et pour 2028, consommations journalières évaluées à  $35000 \text{ m}^3 + 13500 \text{ m}^3$  soit  $48500 \text{ m}^3$  d'où la nécessité de stocker  $8500 \text{ m}^3$**

Voir DR1

### → Position de l'usine dans un environnement contraint.

Les équipements nécessaires au processus de traitement demandent une surface de  $4000 \text{ m}^2$ .

Question 1.7 | **✍ Calculer** la surface disponible pour l'implantation de la nouvelle usine.  $2160 \text{ m}^2$

Voir DT2 et mise en situation 1<sup>ère</sup> P

**✍ Justifier** le choix retenu par le constructeur pour implanter la nouvelle usine sur deux niveaux. La surface nécessaire au processus couvre  $4000 \text{ m}^2$  pour  $2160$  disponible

Question 1.8 | **✍ Lister** les critères de choix de l'emplacement de l'usine d'un point de vue développement durable.

Voir DT1

1. Intégration dans la pente permettra de mieux intégrer le bâtiment dans la topographie et donc de minimiser les Nuisances sur les activités touristiques. Importantes pour ce site
2. Proximité de l'ancienne usine permet la réutilisation d'une partie des installations existantes.
3. Cette implantation de la nouvelle usine découle ainsi de la volonté de favoriser une gestion équilibrée des divers flux (exploitants, livraisons par poids lourds, promeneurs...), et également d'offrir une « image » agréable et respectueuse de l'environnement

### Le processus de production d'eau potable.

Le processus de production d'eau potable passe par quatre étapes fondamentales : dégrillage, traitement, filtration, désinfection.

## → Étude du traitement de l'eau.

Ce processus consiste à faire circuler l'eau dans un certain nombre de bassins où elle va subir des traitements divers (chimique, physique...).

Question 1.9 DR1,  Voir DT3	✍ <b>Tracer</b> à l'aide de flèches de couleur (sauf rouge), sur l'extrait du profil hydraulique de l'usine, le trajet de l'eau emprunté dans chaque bassin de traitement. Cf DR1
	✍ <b>Expliquer</b> pourquoi ce trajet participe au bon traitement de l'eau à partir de l'extrait du cahier des charges des chaînes de traitement (diagramme SysML des exigences). La structure en chicane des bassins satisfait le critère de bonne régulation du débit dans les différentes étapes de traitement.
Question 1.10  Voir DT4	✍ <b>Donner</b> le choix retenu pour faire circuler l'eau entre les différents bassins de traitement à partir de l'extrait du mémoire « développement durable », fourni par un bureau d'étude. le processus, représentant la majorité des consommations, la filière de traitement a été organisée de manière à limiter les opérations de pompage et à favoriser les écoulements gravitaires  ✍ <b>Justifier</b> ce choix d'un point de vue développement durable dans le cadre du fonctionnement de l'usine. Pas d'utilisation de pompe dans l'écoulement de l'eau traitée.
Question 1.11  Voir DT5	✍ <b>Lister</b> les différents déchets issus du traitement à partir du diagramme SysML de bloc interne, décrivant le fonctionnement de l'usine. Les différents déchets sont ; à la sortie du dégrilleur, gros déchets types végétaux, poisson, embaque varié, à la sortie de la ligne de traitement de l'eau sale.
Question 1.12 DR2 Voir DT6	✍ <b>Identifier et citer</b> , les différentes étapes de traitement à partir des diagrammes SysML de bloc interne. Cf DR2
DR2 Voir DT6	✍ <b>Lister</b> les réactifs utilisés et les <b>associer</b> aux différentes étapes du traitement. Cf DR2
DR2 Voir DT1, DT6	✍ <b>Décrire</b> le rôle des différentes phases de traitement. Cf DR2

## → Étude de la filtration de l'eau.

La filtration est composée de 5 filtres à sable. Ces filtres doivent être nettoyés. Chaque filtre est géré par son automate. Celui-ci permet soit l'arrêt soit le fonctionnement auto du filtre. Le lavage des filtres est géré par l'automate station.

La demande de nettoyage peut se faire de 3 façons différentes à sélectionner sur la supervision :

1. horloge : l'opérateur choisit la fréquence avec laquelle les filtres seront lavés
2. semi-auto : la demande de nettoyage est manuelle par bouton poussoir sur l'armoire de commande, le lavage est entièrement automatique
3. colmatage : alors que le filtre est en production, si la mesure de pression descend en deçà d'un seuil pendant un certain temps, un cycle de nettoyage est lancé.

L'étude portera sur le nettoyage **du filtre N°1**.

Question 1.13 | ✍ **Citer et donner** les références de l'élément qui permet de lancer le cycle de nettoyage. Capteur de pression MAGFLO MAG 5000 et MAG 6000  
Voir DT8  
Ref : 10.800.5000 / 10.800.6000

Voir DT7  
DR2,

✍ **Tracer** sur les synoptiques de la filtration, le sens de circulation des fluides pendant les phases de « lavage » et « rinçage » Cf DR2

Question 1.14 | ✍ **Préciser** le type et les plages du signal analogique fourni par le capteur de pression Type sortie : sortie de courant analogique,  
Voir DT8  
2plages : 0\_20mA ou 4\_20mA

✍ **Choisir**, en le justifiant, un type de signal de sortie du capteur, sachant que les capteurs sont situés à 30 m des automates et que, par mesure de sécurité, ils doivent pouvoir détecter une rupture de ligne. distance supérieure à 10 m, le 4\_20mA permet de détecter une rupture de la liaison capteur/automate

### → Etude du stockage des eaux traitées et des eaux sales.

Parmi les différentes bâches, celle des eaux sales est la plus problématique d'un point de vue structure. En effet, les eaux sales exercent sur la dalle une charge importante.

**Données :** Masse volumique des eaux sales :  $1100\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .  
Charge maximum que peut supporter la dalle :  $Q=3000\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Question 1.15 | ✍ **Calculer**, à partir des données ci-dessus et du volume de stockage, la masse des eaux sales stockées. Volume stocké :  $51.38\text{m}^3$  soit une masse d'environ 56,5 tonnes  
Voir DT 9

✍ **Calculer** la charge exercée par les eaux sales sur la dalle. La charge est de  $2750\text{ kg/m}^2$

✍ **Conclure** quant au bon dimensionnement de cette dalle. La dalle d'épaisseur 28cm résiste bien à la charge des eaux sales

Les bâches (réservoirs) devant accueillir les eaux sales sont réalisées en béton armé banché. Le béton armé est un composite constitué de béton et de treillis soudés (armatures en acier). Dans une première approche, il est prévu d'étudier les voiles (parois) constituant ces bâches.

Question 1.16 | ✍ **Réaliser** un pré choix de références de treillis soudés, permettant de répondre au type d'ouvrage envisagé. Pour les réservoirs le pré choix sélectionne les treillis : ST50<sup>®</sup>, ST50C<sup>®</sup>, ST60<sup>®</sup>, ST65C<sup>®</sup>  
Voir DT10

✍ **Choisir**, à partir de l'extrait de la note de calcul, le treillis soudé devant être utilisé pour la construction du voile (parois) M1. Avec la notice de calcul les treillis ST60<sup>®</sup> et ST65 C peuvent convenir. En prenant le critère de masse c'est le ST60 qui convient.

Pour des raisons de facilité de manutention sur chantier on choisira la

structure la plus légère possible.

✍ **Justifier** votre choix en indiquant les critères que vous avez retenus. Treillis de structure,  $D > 8\text{mm}$ ,  $A_x$  et  $A_y$  ( $6,3 / 2,32 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) et le critère de masse, c'est donc ST60 qui convient

### → Etude du réseau de gestion de l'usine.

C'est la supervision générale du système qui assure la conduite et l'exploitation depuis la salle de contrôle de l'ensemble de la station de traitement. La supervision réalise l'acquisition de valeurs analogiques (mesures, compteurs, valeurs internes aux automates) nécessaires à l'exploitation des procédés. Ces valeurs analogiques constituent les télémesures (TM). Elle réalise de même façon l'acquisition de valeurs tout ou rien (état des actionneurs, état des capteurs tout ou rien). Ces valeurs constituent les informations de télésurveillance (TS).

Pour des questions de sécurité ce réseau ne dispose pas d'accès vers l'extérieur (Web).

Question 1.17 ✍ **Indiquer** la topologie du réseau (hors fibre optique) Réseau en étoile

Voir DT11, DT12

✍ **Justifier** l'emploi de la fibre optique pour la boucle entre les différents switchs le plan d'implantation du site montre les grandes distances entre les différents équipements. La fibre optique est utilisée pour des distances supérieures 100m

Question 1.18 ✍ **Indiquer** la classe du réseau ainsi que son masque de sous réseau.

Voir DT12

Justifier votre réponse. . classe C 255.255.255.0  
adresse 192 entraine la classe C  
/24 entraine 24 « 1 » consécutifs en partant de la gauche dans le masque soit 255.255.255.0 (masque par défaut d'une classe C

✍ **Indiquer** l'adresse du réseau ( NETID ) 192.168.0.0

Question 1.19 ✍ **Donner et justifier** l'adresse IP du portable d'intervention sachant qu'elle sera la dernière adresse IP disponible. . Il faut prendre la dernière adresse disponible soit 192.168.0.254 car la 255 est réservée pour le broadcast

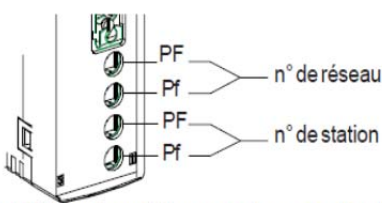
Afin de communiquer sur le réseau ETHWAY (réseau de communication entre les différents matériels et les switchs), les automates disposent de cartes ETY210 et ETY110 (DT 12). Chaque carte dispose d'une adresse IP et d'une adresse ETHWAY codée (voir modèle ci-dessous)

**Codage de l'adresse station**

Le codage est hexadécimal :

- numéro de réseau de 0 à 7F
- numéro de station de 0 à 3F

PF = poids forts  
Pf = poids faibles



Dans un réseau Ethernet l'adresse MAC doit être unique. S'assurer de sa conformité avec le plan d'adressage de l'entreprise. L'adresse MAC du module TSXETY210 est fixée en usine.



Sur la saisie de données effectuée, avec WIRESHARK (DT12), l'automate maître (Sender) envoie une requête à l'automate de gestion du filtre 1 (Target).

Question 1.20 | ✍ **Donner**, à l'aide de la saisie de données effectuée avec WIRESHARK, l'adresse MAC de la carte ETY210 de l'automate maître. Adresse MAC 00 :80 :f4 :00 :c9 :c1

Voir DT12

Les adresses ETHWAY des cartes sont données en décimal sur le DT12.

### → Conclusion sur l'ensemble de l'étude

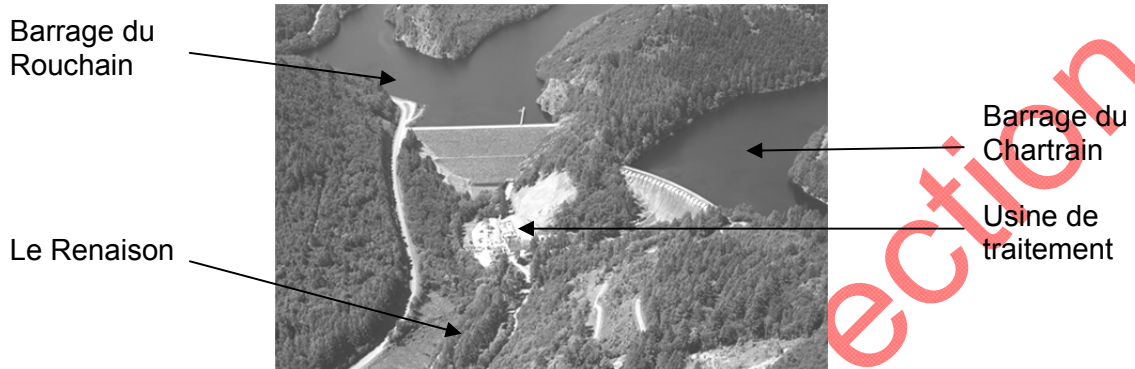
La production et la mise à disposition d'eau potable sont des enjeux majeurs de notre temps.

Question 1.21 | ✍ **Proposer**, à l'aide des éléments étudiés précédemment, une conclusion en vous appuyant sur les solutions retenues d'un point de vue Développement Durable (distribution implantation, processus, structure), ainsi que les caractéristiques du réseau d'un point de vue sécurité.

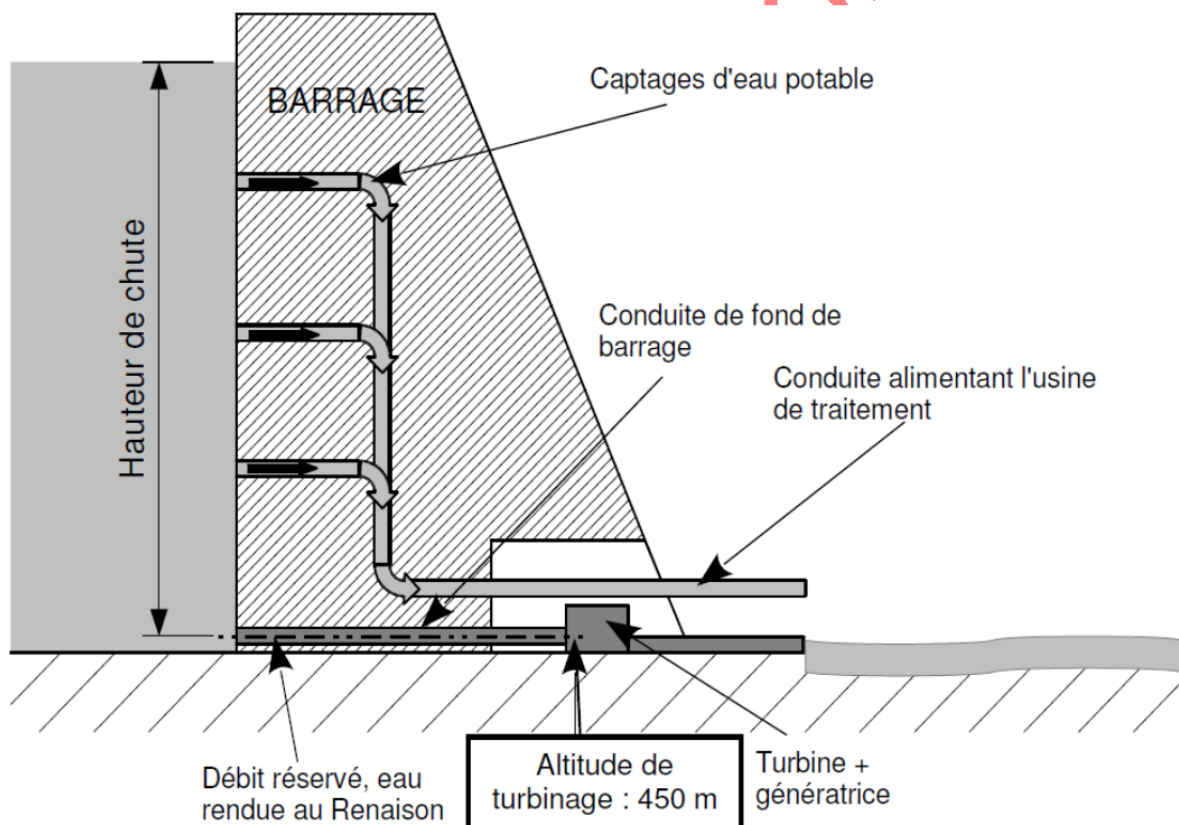
- Maintenir un approvisionnement d'eau constant malgré la hausse de consommation
- Malgré une forme imposante intégrer au mieux dans son environnement l'usine de traitement.
- Garantir la potabilité par un processus complexe mais limitant les rejets et la consommation énergétique par le système gravitaire.
- Dimensionnement de la structure en associant résistance et données économiques et environnementales
- Traitement de l'information limité au réseau local pour garantir sa sécurité.

## Mise en situation 2:

Les barrages du Rouchain et du Chartrain sont alimentés par plusieurs petits cours d'eau qui, en aval des barrages, forment la rivière Renaison. De façon à préserver son écosystème, une certaine quantité d'eau est relâchée dans la rivière. Cette quantité d'eau est appelée débit réservé et est variable en fonction des saisons. En effet, il faut relâcher plus d'eau en été qu'en hiver pour maintenir le débit du cours d'eau.



Coupe transversale d'un barrage :



Un barrage est une forme de stockage d'énergie. Cette énergie, appelée énergie potentielle, peut être utilisée pour produire de l'électricité (Principe des barrages hydroélectriques). Dans notre cas les barrages sont des réserves d'eau potable. « Roannaise de l'eau » envisage d'utiliser le débit réservé pour produire de l'électricité à l'aide d'une microcentrale électrique.

## PARTIE 2

**Problématique : Valider le principe de produire de l'électricité à partir de l'énergie potentielle des barrages de façon à rendre l'usine autonome en énergie.**

Les questions de cette partie ne se rapporteront qu'au barrage du Chartrain.

### → Détermination de la puissance hydraulique disponible.

Puissance hydraulique ou Puissance utile de la chute d'eau : elle est fonction de la hauteur de la chute, du débit ainsi que de la masse volumique du liquide concerné et de l'accélération terrestre.

Puissance hydraulique  $P_h$  :  $P_h = Q \cdot \mu \cdot g \cdot h$

Avec :  $\mu$  : Masse volumique de l'eau :  $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ( 1 litre =  $1 \text{ dm}^3$  ) ; Q : Débit de la chute d'eau en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ; h la hauteur de chute en m et  $P_h$  en Watt (W), on prendra  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Question 2.1 | **Préciser** les caractéristiques qui influent directement sur la puissance hydraulique disponible. Les caractéristiques qui influent directement sur la puissance sont la hauteur de chute et le débit disponible.

Question 2.2 | **Déterminer** le débit nominal Q. Le débit nominal retenu sera le débit maximum observé dans 97% des cas de la courbe des débits classés. Débit nominal retenu pour 97% des cas : 200l/s

Voir DT14 et coupe transversale d'un barrage page 9.

**Calculer** la hauteur de chute d'eau pour la production minimum d'électricité.

Calcul de la hauteur de chute mini :

Niveau maxi du barrage (relevé)  $H_{\text{barrage}} = 473 \text{ m}$

Altitude de turbinage (relevé)  $H_{\text{turbinage}} = 450 \text{ m}$

Hauteur de chute  $H_{\text{barrage}} - H_{\text{turbinage}} = 473 - 450 = 23 \text{ m}$

Question 2.3 | **Calculer** la puissance hydraulique correspondante à la chute d'eau. Puissance hydraulique :  $P_p = Q \cdot \mu \cdot g \cdot h$

$$P_p = 0,2 * 1 * 10 * 23 = 46 \text{ kW}$$

Question 2.4 | **Choisir** une turbine adaptée aux conditions de fonctionnement en **traçant** sur l'abaque le point de fonctionnement de la turbine. La turbine adaptée aux conditions de fonctionnement est une turbine CROSS FLOW (Voir tracé sur abaque)

DR3

### → Détermination de la puissance électrique en sortie de turbine

Question 2.5 | **Calculer**, à partir des données du diagramme SysMI de bloc interne, la puissance mécanique disponible en sortie de la turbine.

Voir DT15

**La puissance absorbée par la turbine est la puissance  $P_p$  hydraulique.**

**Le rendement de la turbine est de 0,8 =>  $P_m = P_p * 0,8 = 36,8 \text{ kW}$**

Quel que soit le résultat trouvé à la question 2.3, prendre  $P_h=37 \text{ kW}$ .

Question 2.6  
Voir DT15

✍ **Calculer**, à partir des données du diagramme SysMI de bloc interne, la puissance électrique fournie par la génératrice.

**La puissance électrique disponible est fonction du rendement de la transmission de puissance et de celui de la génératrice :**

$$P_e = P_m * \eta_{tp} * \eta_g = 37 * 0,97 * 0,85 = 30,5 \text{ kW}$$

Question 2.7

✍ **Calculer** l'énergie produite fournie par la génératrice par jour, (énergie maximum disponible en kWh).  $W_e Ch = P_e * 24 = 30,5 * 24 = 732 \text{ kWh / jour}$

Remarque : Le barrage du Rouchain fournit 122,4 kW.

✍ **Vérifier** que l'usine sera bien autonome en énergie sur une année de fonctionnement, sachant que l'usine consomme en fonctionnement normal 2700 kWh/jour.

$$W_e Ro = 122,4 * 24 = 2937,6 \text{ kWh / jour}$$

$$W_e Ch + W_e Ro = 3669,6 \text{ kWh / jour}$$

**L'usine est potentiellement autonome en énergie.**

Eléments de correction



→ **Choix du matériau constituant l'injecteur de la turbine.**

Avec l'assistance du logiciel « CES4 », un premier tri de matériaux a été réalisé. Ce tri a fait apparaître 5 matériaux pouvant répondre aux besoins et dont une des caractéristiques essentielles a été indiquée sur le document DT16.

Une étude utilisant un logiciel de résistance des matériaux a permis de mettre en évidence l'importance des contraintes apparaissant dans l'injecteur sous l'effet du passage de l'eau.

Question 2.8

Voir DT16

✍ **Rechercher** à l'aide de la simulation, la contrainte mécanique maximale supportée par l'injecteur de la turbine.

$$\sigma_{\max} = 1,485 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 \text{ Conversion en Mpa} \Rightarrow 1 \text{ Mpa} = 10^6 \text{ N/m}^2 >$$

$$\sigma_{\max} = 148,5 \text{ Mpa}$$

Question 2.9

Voir DT16

✍ **Choisir** les matériaux de l'injecteur permettant de répondre aux conditions de résistance, sachant que le coefficient de sécurité « k » minimum est de 2.5.

**Relation :**

$$K(\text{coefficient de sécurité}) = \frac{Rpe}{\sigma_{\text{Maxi}}}$$

Calcul des coefs de sécu :

$$\text{Inox} > K = 450/148,5 = 3,03 \text{ Oui}$$

$$\text{Acier à teneur moyenne en carbone} > K = 305/148,5 = 2,05 \text{ Non}$$

$$\text{Acier à basse teneur en carbone} > K = 250/148,5 = 1,68 \text{ Non}$$

$$\text{Acier faiblement allié} > K = 400 / 148,5 = 2,69 \text{ Oui}$$

$$\text{Acier à haute teneur en carbone} > K = 400 / 148,5 = 2,69 \text{ Oui}$$

Trois types d'acier répondent aux caractéristiques mécaniques : Inox, acier faiblement allié, acier à haute teneur en carbone

Question 2.10

Voir DT16

✍ **Choisir** le matériau adapté aux conditions de réalisation et de fonctionnement de l'éjecteur (soudabilité élevée, résistance à l'eau douce) parmi ceux sélectionnés précédemment. Le seul acier répondant à l'ensemble des contraintes : Résistance mécanique, soudabilité élevée, résistance à l'eau douce élevée est l'Inox.

# DT1: Extrait de la lettre d'information

## Questions 1.1 , 1.6 , 1.8

### La filière de traitement retenue

- L'eau passe par plusieurs étapes avant d'arriver au robinet.
1. Les végétaux (branches d'arbre, feuilles...) sont éliminés par des grilles (dégrillage).
  2. Plusieurs opérations sont effectuées pour réduire la teneur en fer (aération), diminuer l'agressivité l'eau (remérialisations).
  3. Un coagulant est injecté dans l'eau pour agglomérer les matières dissoutes (coagulation/floculation), puis les liquides sont séparés des solides par décantation (clarification).
  4. Le pH de l'eau est équilibré (neutralisation).
  5. L'eau traverse alors des filtres à sable pour retenir les particules indésirables (filtration).
  6. Enfin, elle suit une dernière phase de traitement pour éliminer tous virus et bactéries (désinfection).

### Pourquoi une nouvelle usine ?

Roannaise de l'Eau a approuvé lors du Comité Syndical du 16 décembre 2009 son schéma directeur d'eau potable. Il s'agit d'un document de référence qui présente un état des lieux complet des installations et propose des aménagements pour améliorer les fonctionnements actuels et préparer les besoins futurs dans une perspective de développement durable. Il est élaboré en concertation avec tous les acteurs concernés (SYEPAR, chargé du SCOT en Roannais, Conseil Général 42, Agence de l'Eau Loire Bretagne et les services de l'Etat).

Il a été mis en évidence la nécessité de construire une nouvelle usine de traitement d'eau potable, compte tenu donc des besoins recensés (actuels et futurs) et des objectifs fixés en terme de sécurisation (notamment pour des syndicats riverains) et de qualité. En effet, les performances et la capacité de traitement de l'usine actuelle ne permettent pas d'assurer un niveau de ressources maximal, tel qu'est estimé à l'horizon 2028.

**Le besoin futur en eau potable est estimé à l'horizon 2028 à 35 000 m<sup>3</sup>/jour en situation moyenne.**  
**A ces besoins s'ajoutent les demandes d'autres structures publiques pouvant solliciter Roannaise de l'Eau à un niveau moyen de 13 500 m<sup>3</sup>/jour (jour moyen).**

### L'implantation de la nouvelle usine.

L'implantation de cette nouvelle usine doit avoir un impact minimum sur l'environnement (Aves), elle doit s'intégrer parfaitement au site naturel des barrages et engendrer le minimum de nuisances pour les activités touristiques sur le site durant le chantier et lors de l'exploitation.

**Plusieurs sites ont été envisagés ; c'est celui correspondant au parking de l'actuelle usine qui a été retenu** (délibération de Roannaise de l'Eau en date du 03 mars 2010).

### Une démarche volontaire en faveur du développement durable

D'une part, l'emplacement de la nouvelle usine facilitera la réutilisation d'une partie des installations existantes.  
 Par ailleurs, le chantier sera réalisé dans une démarche «chantier propre» ou «chantier vert». De même, l'ensemble des batis devra être effectué dans une démarche QEB (Qualité Environnementale des Bâtiments).  
 Enfin, la conception prendra en compte l'optimisation des surfaces à chauffer.



Vue au pied du barrage du CHARTAIN



Esquisse de la future usine



### Les Acteurs du Projet.

Le Comité Syndical de Roannaise de l'Eau, composé d'élus du territoire, décide des choix importants : site, maîtrise d'œuvre, budget opération, etc...).

Une Commission de travail composée d'élus et techniciens au sein de Roannaise de l'Eau

Une équipe projet, sous la responsabilité d'un Chef de projet et intégrant l'ensemble des services au sein de Roannaise de l'Eau

Une équipe maîtrise d'œuvre / architecte, regroupant le cabinet SAFEGE avec ses meilleurs spécialistes en France du traitement de l'eau potable, et le cabinet PATRARCHÉ pour l'architecture et l'intégration environnementale.

### Les objectifs techniques de la nouvelle usine

Cette nouvelle usine d'eau potable, outre les normes en matière de production d'eau potable, devra aussi être en mesure d'évoluer pour répondre aux modifications de la réglementation.

**Un certain nombre d'objectifs techniques ont été définis concernant cette nouvelle usine :**

**Répondre aux besoins recensés en eau** (actuels et futurs)  
 La nouvelle usine devra être conçue pour une production de 40 000 m<sup>3</sup>/jour et pour un fonctionnement sur une plage de débit comprise entre 500 et 2 000 m<sup>3</sup>/heure.

**S'inscrire dans une démarche de développement durable**

- Dans la continuité de l'usine existante, la nouvelle station devra être certifiée ISO 14001 (norme environnementale).
- Etude de la possibilité d'installer ou plusieurs micro-centrales hydro-électriques pour valoriser la hauteur d'eau disponible sur les barrages.
- Limitation de l'utilisation d'eau dans le processus de potabilisation et traitement des eaux usées optimum.

**Etre encore plus performant**

- Coûts de fonctionnement optimisés en terme de maintenance, de consommation de réactifs et électrique.

Cette nouvelle usine sera équipée de deux files de production, au lieu d'une seule aujourd'hui, qui pourront fonctionner en même temps ou en alternance. L'une pourra ainsi prendre le relais lors d'opérations de maintenance sur la seconde.

### Et durant les travaux...

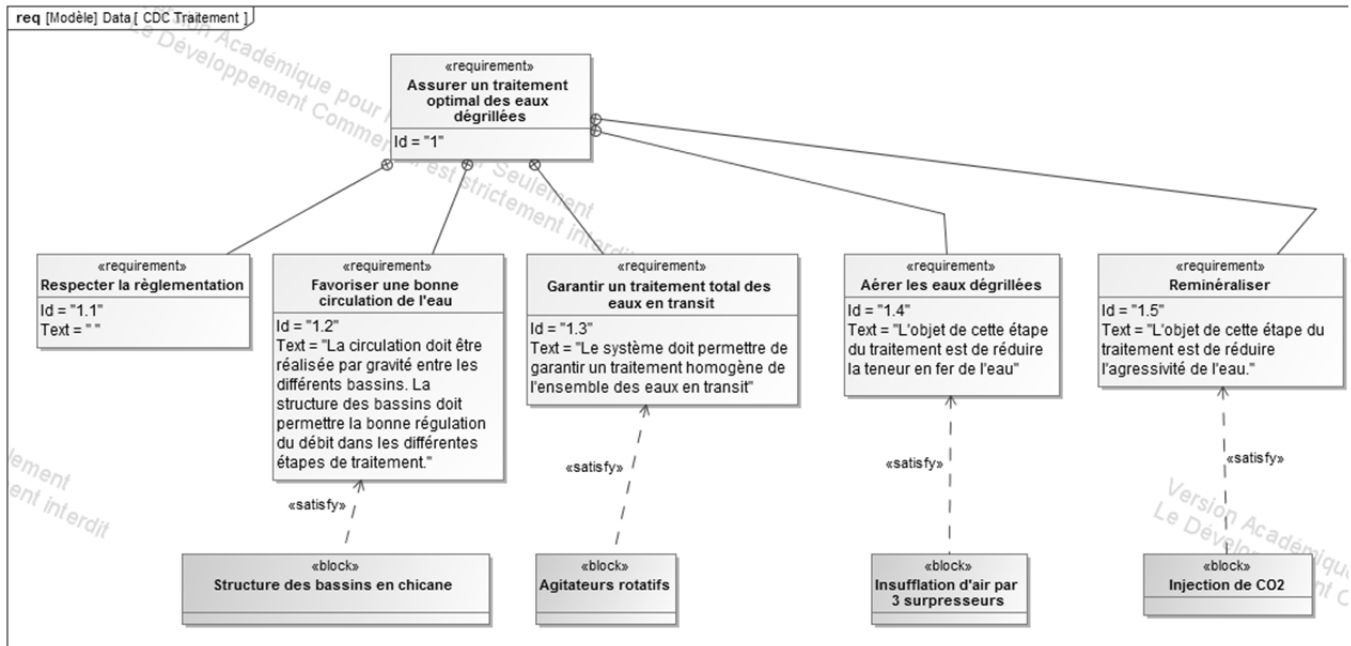
La réhabilitation de cette nouvelle usine se fera en poursuivant l'exploitation de l'usine actuelle. Celle-ci assurera la continuité de la production et de la distribution de l'eau potable jusqu'à la mise en service de la nouvelle station prévue pour 2014.





## DT3: Diagrammes SysML extrait du diagramme des exigences du traitement des eaux :

Question 1.9 :



## DT4: extrait du mémoire "développement durable"

Question 1.10 :



### 4. OPTIMISER LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

C'est un des axes majeurs de la conception de l'équipement, dans la mesure où celui-ci est un gros consommateur d'énergie, principalement électrique, pour le fonctionnement du processus.

On peut effectivement distinguer trois postes de consommations :

- le processus, représentant la majorité des consommations ;
- la conversion d'énergie ;
- les locaux nobles, regroupant les bureaux, vestiaires et locaux annexes, dont la part dans le bilan des consommations est assez faible, mais qui doit garantir de bonnes conditions de confort.

Les actions proposées portent donc prioritairement sur le processus :

- la filière de traitement a été organisée de manière à limiter les opérations de pompage et à favoriser les écoulements gravitaires ;
- par la mise en place de pompes à variation de fréquence sur les réseaux hydrauliques, s'adaptant à la charge : pompes de lavage et pompes de reprise des eaux sales, ainsi que toutes les pompes doseuses de réactifs.

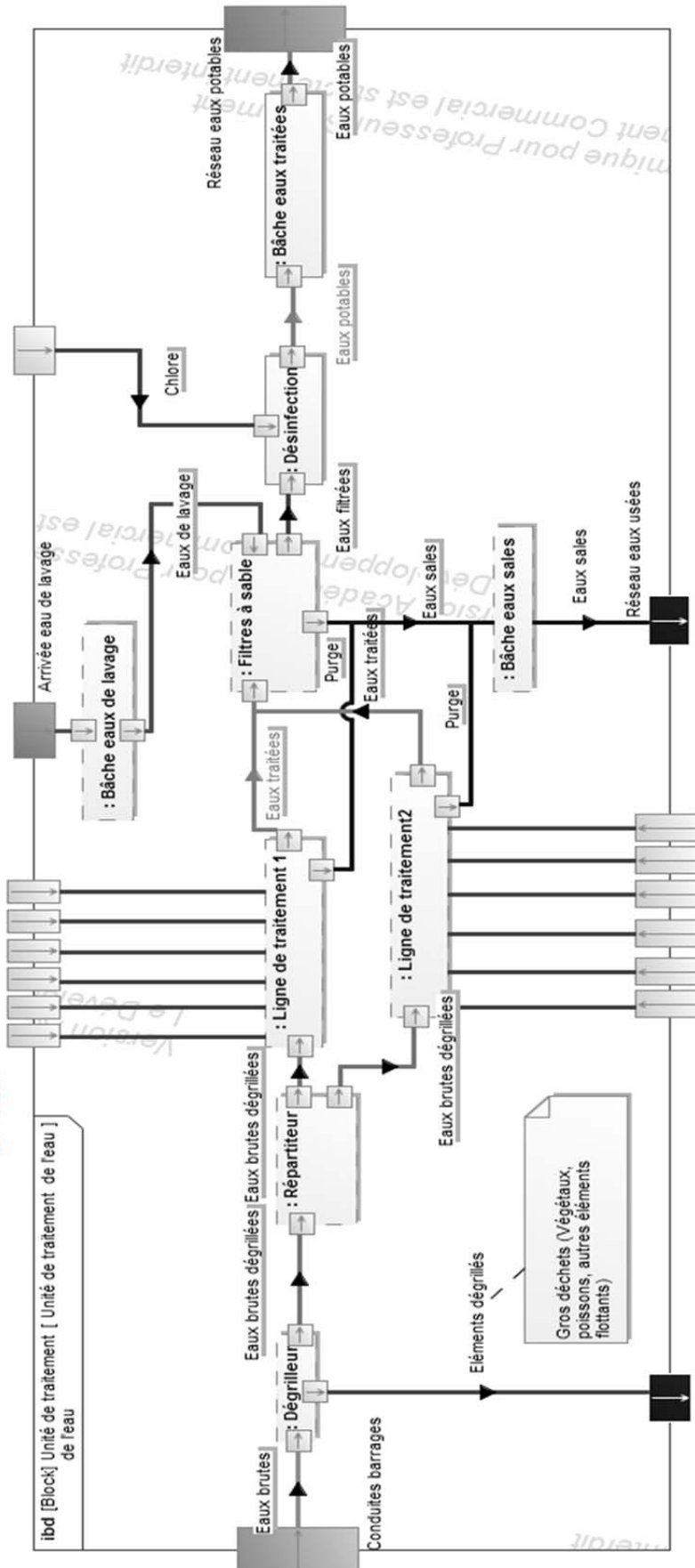
La particularité de ces équipements est que, d'une part, les débits en jeu sont très importants, et donc les puissances appelées, et d'autre part, que le fonctionnement est quasiment continu. Il en ressort des consommations importantes, qu'il convient donc d'optimiser. A ce titre, l'adaptation de la puissance électrique appelée aux besoins réels apparaît comme une priorité. Ce à quoi répond la mise en place de pompes à débit variable, qui pour un même usage final et une même qualité de service, consomment nettement moins.

Par ailleurs, la mise en œuvre de variation de fréquence sur toutes les pompes doseuses de réactifs et de débitmètres électromagnétiques sur chaque ligne d'injection permet d'assurer la quantité juste de réactifs consommés en s'adaptant précisément au débit d'entrée, et d'éviter ainsi le gaspillage du à un surdosage (possible lorsque les pompes fonctionnent en cadence durée).



### DT5: Diagrammes SysML de bloc interne

Question 1.11 : Diagramme SysML de bloc interne décrivant les flux entrant et sortant de l'usine :



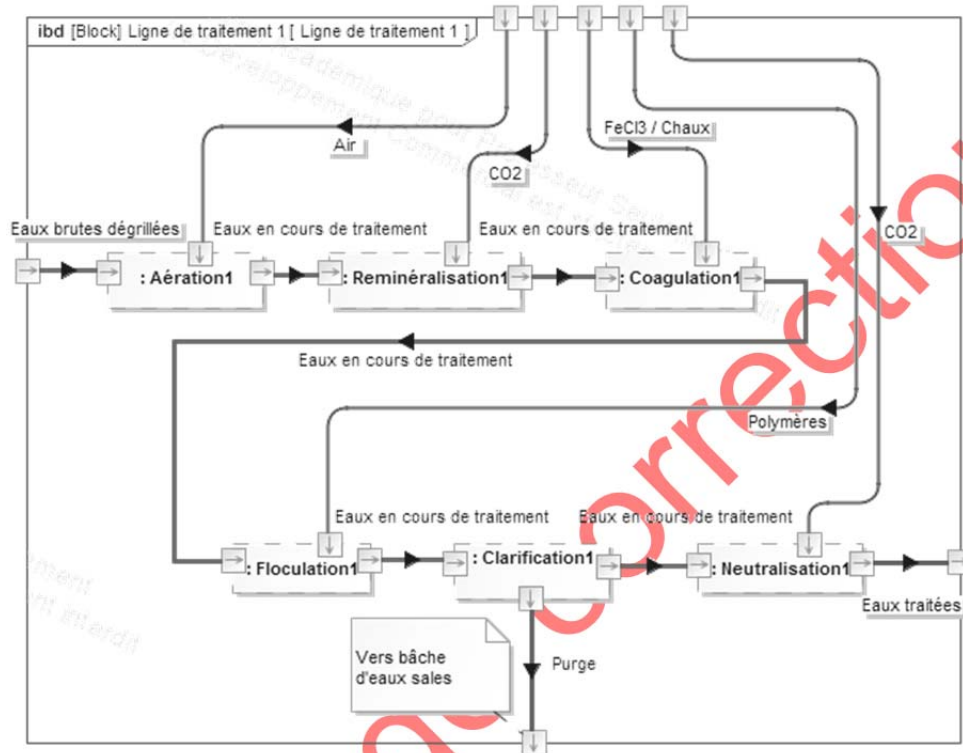
Elé

ction

## DT6: Diagrammes SysML de bloc interne

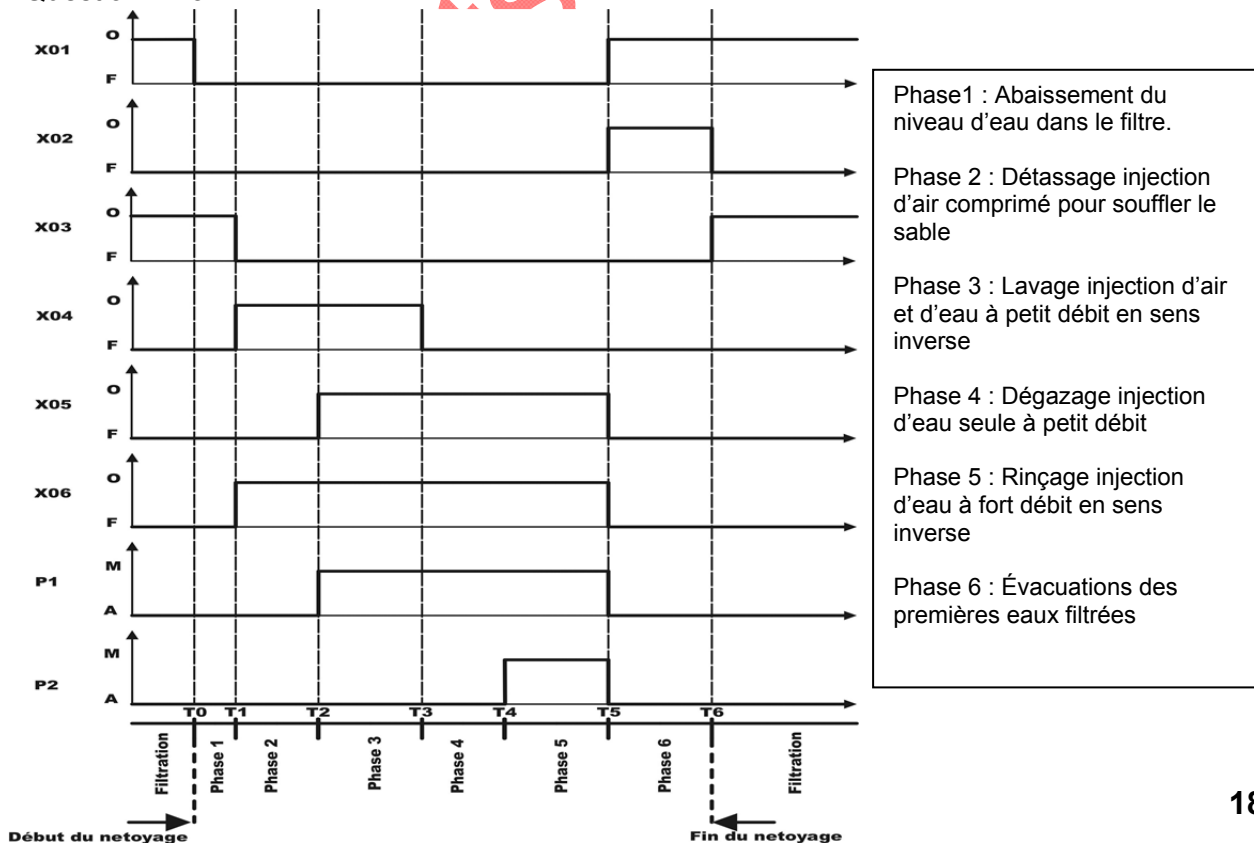
### Question 1.12

Diagramme SysML de bloc interne décrivant les différents flux intervenant dans les lignes de traitement des eaux :



## DT7: Chronogramme cycle de nettoyage

### Question 1.13 :

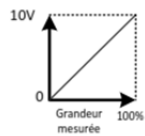
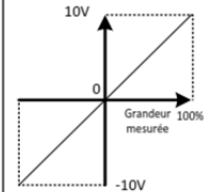
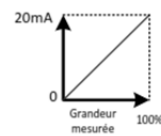
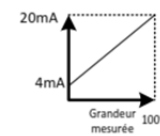


## DT8:Capteur de pression

Questions 1.13 , 1.14

**Caractéristique des principaux types de signaux analogiques et du capteur de pression (extrait documentation constructeur):**

Principaux signaux analogiques normalisés

Nature du signal	0/10V	-10V/10V	0/20mA	4/20mA
Caractéristique				
Longueur de la liaison	10 m maxi	10 m maxi	> 100m	> 100m
Sensibilité aux parasites	élevée	élevée	faible	faible
Avantage	économique	précis	Fournit une valeur nulle en cas de rupture de liaison	Détecte la rupture de liaison
Inconvénient	Fournit une valeur aléatoire en cas de rupture de liaison		Pas de détection de la rupture de liaison	Moins précis

### **CAPTEUR DE PRESSION :**

MAGFLO MAG 5000 et MAG 6000

Ref : 10.800.5000 / 10.800.6000

Caractéristiques techniques  
 Fonctionnement et constitution  
 Principe de mesure Magnéto-inductif à champ constant à impulsions. Conduite vide Détection de conduite vide (câble spécial indispensable pour montage séparé)  
 Réglage du point zéro Automatique.  
 Fréquence d'excitation Courant continu pulsatoire fonction du diamètre nominal (125 mA)  
 Impédance d'entrée sur électrode > 1 x 10<sup>14</sup> ?

#### **Entrée :**

Entrée TOR 11 ... 30 V cc, Ri = 4,4 K?  
 Durée d'activation 50 ms  
 Courant I11 V cc = 2,5 mA, I30 V cc = 7 mA

#### **Sortie :**

Sortie de courant (analogique)  
 Plage de signal 0 ... 20 mA ou 4 ... 20 mA  
 Charge < 800 ?  
 Constante de temps 0,1 ... 30 s, réglable

#### **Sortie TOR :**

Fréquence 0 ... 10 kHz, 50% du taux d'impulsions (uni-/bidirectionnel)  
 Constante de temps 0,1 ... 30 s, réglable  
 Impulsion (active) 24 V cc, 30 mA  
 Protégé contre les courts-circuits  
 Impulsion (passive) 3 ... 30 V cc, max. 110 mA, 200 (alimentation électrique de l'appareil raccordé)  
 Constante de temps 0,1 ... 30 s, réglable  
 Sortie relais



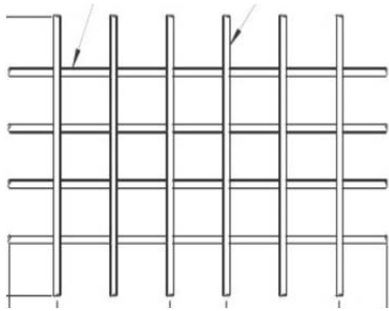


## DT10 Note de calcul des voiles.

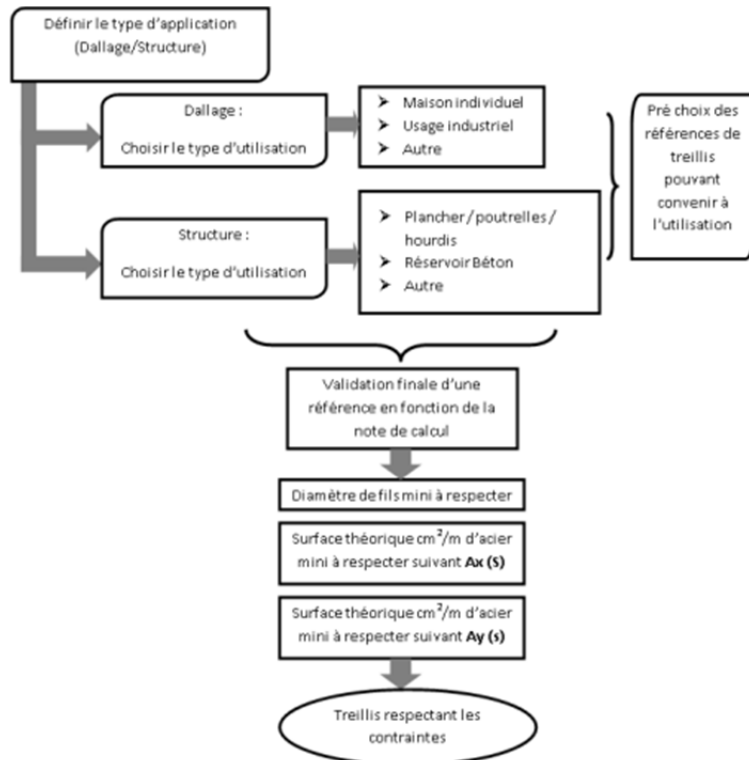
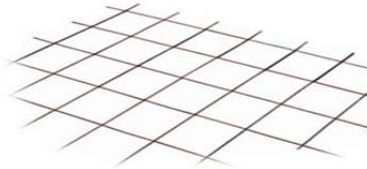
## Feuillet 1/2

## Question 1.16

## Guide de choix simplifié d'un treillis soudé :



Description de treillis soudé

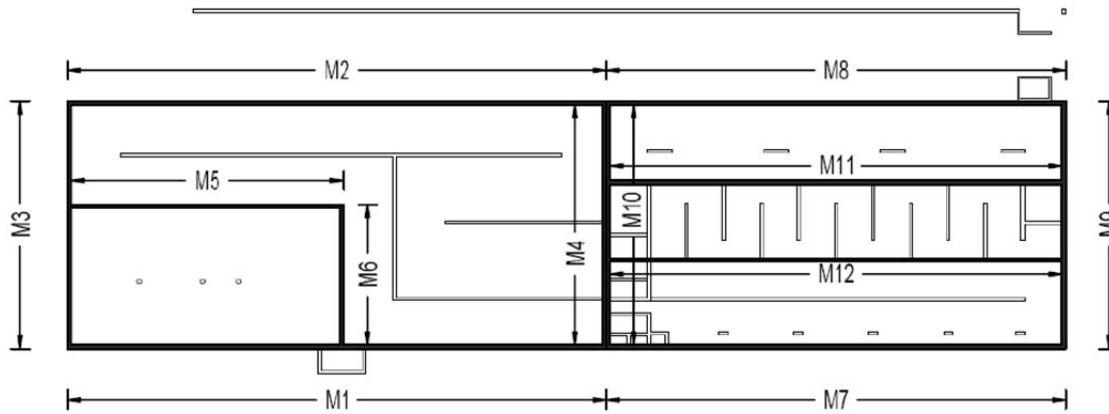


UTILISATION	PRODUITS	APPLICATION
Dallages Maisons Individuelles	ST 25 CS® ST 25 C®	
Dallages à usage industriel ou assimilés	ST 15 C®	Dallage non armé d'épaisseur 15 à 23 cm
	Tous treillis de structure (ST®)	Dallage non armé d'épaisseur > 23 cm et dallage armé.
Dallages à usage autre qu'industriel ou assimilés	PAF 10® / PAF C®	Dallage non armé
	ST 50 C®	Dallage armé au % minimum
	Tous treillis de structure (ST®)	Dallage armé
Plancher poutrelles hourdis (tables de compression)	PAF 10®	Parasismique*
	PAF C® / PAF R®	Selon l'entre - axes des poutrelles
Réservoirs en béton	ST 50® ST 50 C® ST 60® ST 65 C®	Selon l'épaisseur des parois D et d ≥ à 8 mm
Autres applications	Tous treillis de structure (ST®)	

## DT10 Note de calcul des voiles. Feuille 2/2

Implantation du poste de turbinage et représentation de la hauteur de chute

Plan de repérage des voiles:



Voile	Epaisseur (m)	$M_{xx,max}$ (T.m)	$M_{yy,max}$ (T.m)	Effort tranchant en pied de voile (T)	$A_{x,min}$ (cm <sup>2</sup> /ml)	$A_{y,min}$ (cm <sup>2</sup> /ml)	Armatures d'effort tranchant en pied de voile (cm <sup>2</sup> /ml)
M1	0,3	3,42	1,03	3,93	6,30	2,33	2,17

## DT11 : Réseau et Ethernet

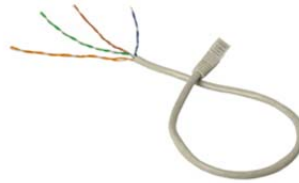
### Question 1.17

#### Technologies réseau et Ethernet

Un réseau local est un groupe d'ordinateurs reliés ensemble dans un périmètre défini afin de pouvoir communiquer et partager des ressources, telles que des imprimantes. Les données sont envoyées sous la forme de paquets, et différentes technologies sont employées afin de réguler la transmission des paquets. La technologie de réseau local la plus couramment utilisée est Ethernet ; elle est spécifiée dans une norme appelée IEEE 802.3. (Parmi les autres technologies de réseau local existantes, on peut citer Token Ring et FDDI).

Ethernet utilise une topologie en étoile dans laquelle les différents noeuds (périphériques) sont mis en réseau à l'aide d'un équipement réseau actif, par exemple des switches. Le nombre de périphériques mis en réseau dans un réseau local peut aller de deux à plusieurs milliers.

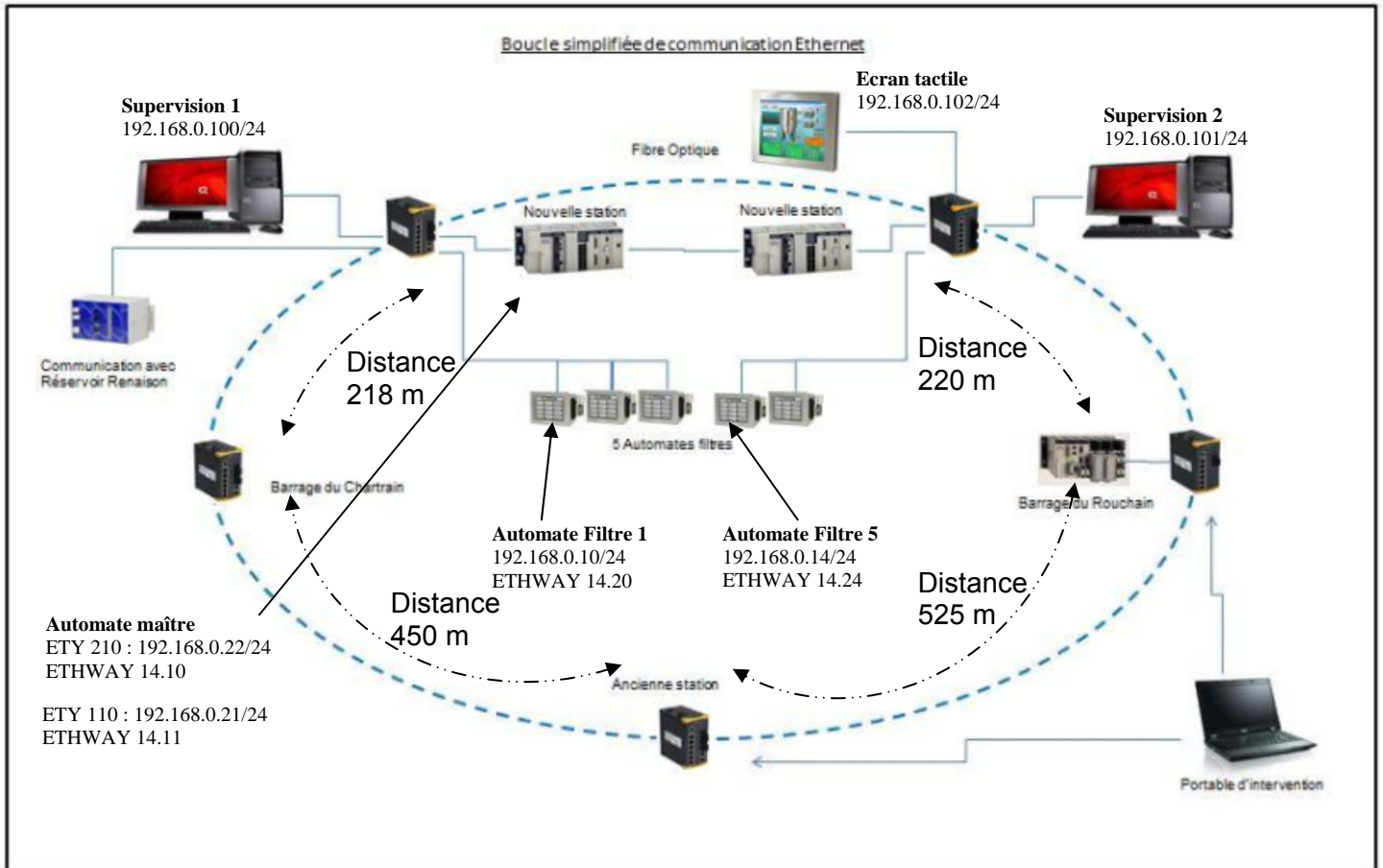
Le support de transmission physique d'un réseau local câblé inclut des câbles, principalement à paires torsadées ou en fibre optique. Un câble à paires torsadées est constitué de huit fils formant quatre paires de fils de cuivre torsadés ; on l'utilise avec des prises et des fiches de type RJ-45. La longueur de câble maximale d'une paire torsadée est de 100 m, tandis que pour la fibre optique la longueur maximale est comprise entre 10 km et 70 km, en fonction du type de fibre. Selon le type de paire torsadée de câbles en fibre optique utilisé, les débits de données sont aujourd'hui compris entre 100 Mbits/s et 10 000 Mbits/s.



Le câblage à paires torsadées inclut quatre paires de fils torsadés, normalement connectés à une prise RJ-45.

## DT12 : Réseau de l'usine de traitement de l'eau

Question 1.17, Question 1.18



### Extrait logiciel WIRESHARK

\*Connexion au réseau local [Wireshark 1.10.0 (SVN Rev 49790 from /trunk-1.10)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: Expression... Clear Apply Save

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
26	10.4054370	Telemeca_00:c9:c1	Telemeca_00:0e:01	LLC	60	U, func=TEST; DSAP NULL LSAP Individual, SSA
27	10.7053490	Telemeca_00:c9:c1	Broadcast	ARP	60	Gratuitous ARP for 192.168.0.22 (Request)
28	10.7079720	Telemeca_00:c9:c1	Broadcast	ARP	60	who has 192.168.0.10? Tell 192.168.0.22
29	11.3201990	Telemeca_00:0e:0c	Telemeca_00:0e:01	LLC	60	U, func=TEST; DSAP NULL LSAP Individual, SSA

Frame 28: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0

Ethernet II, Src: Telemeca\_00:c9:c1 (00:80:f4:00:c9:c1), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

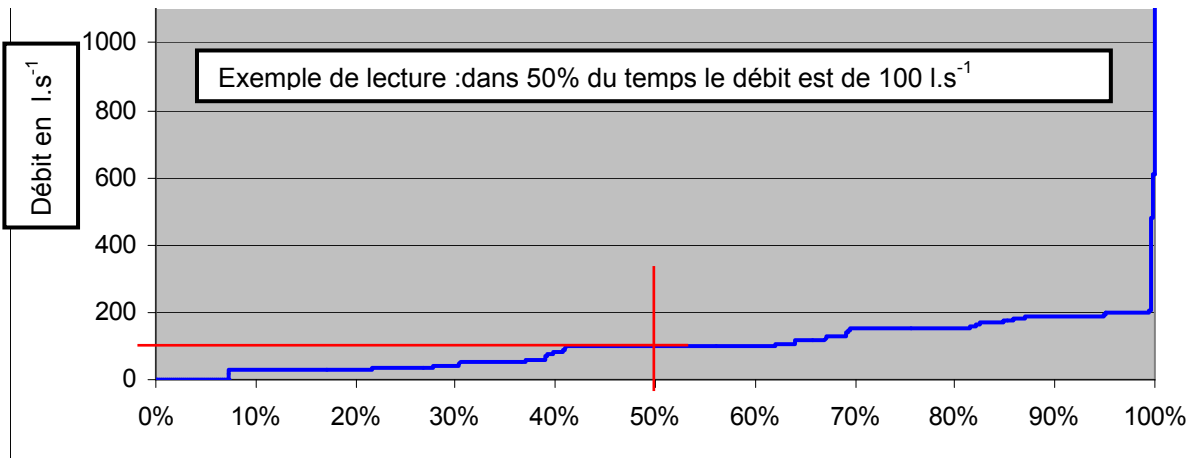
- Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
- Source: Telemeca\_00:c9:c1 (00:80:f4:00:c9:c1)
- Type: ARP (0x0806)
- Padding: 00000000000000000000000000000000

Address Resolution Protocol (request)

- Hardware type: Ethernet (1)
- Protocol type: IP (0x0800)
- Hardware size: 6
- Protocol size: 4
- Opcode: request (1)
- Sender MAC address: Telemeca\_00:c9:c1 (00:80:f4:00:c9:c1)
- Sender IP address: 192.168.0.22 (192.168.0.22)
- Target MAC address: 00:00:00\_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
- Target IP address: 192.168.0.10 (192.168.0.10)

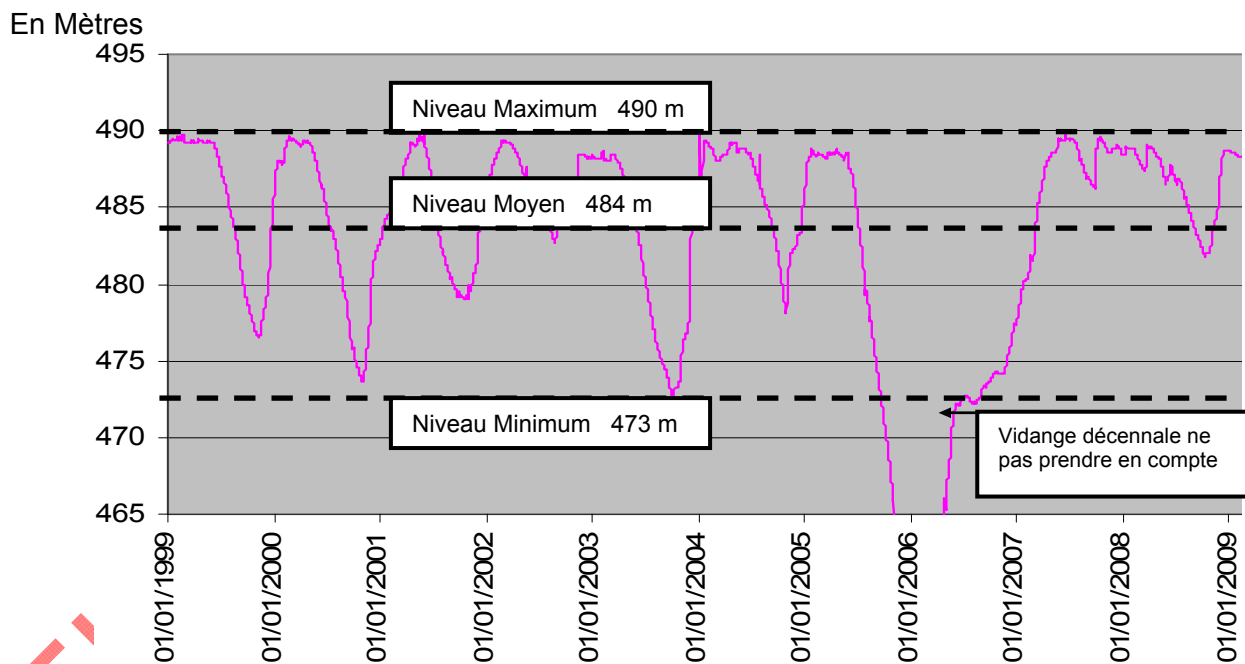
## DT13 Analyse du potentiel hydraulique

Question 2.2: Répartition des débits classés sur une année



Question 2.2 Évolution du niveau d'eau dans le barrage du Chartrain.

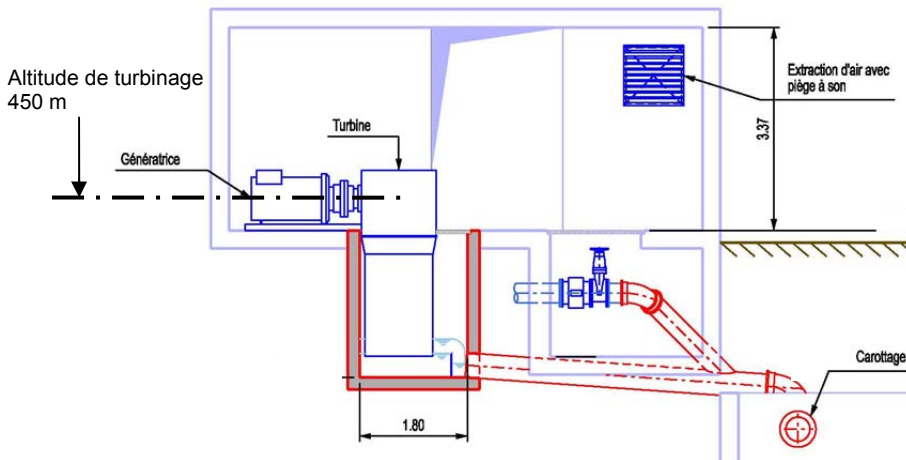
### Niveaux barrage du Chartrain de 1999 à 2010





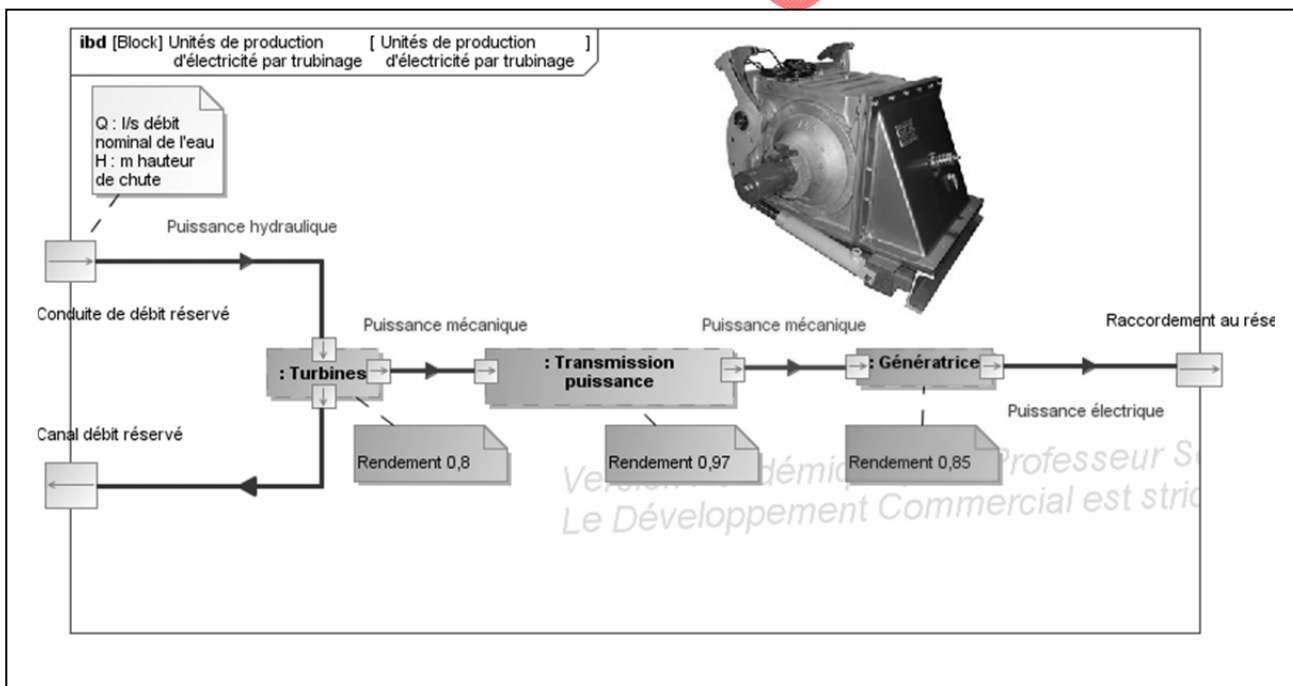
## DT14 Implantation du poste de turbinage et représentation de la hauteur de chute

Question 2.2:



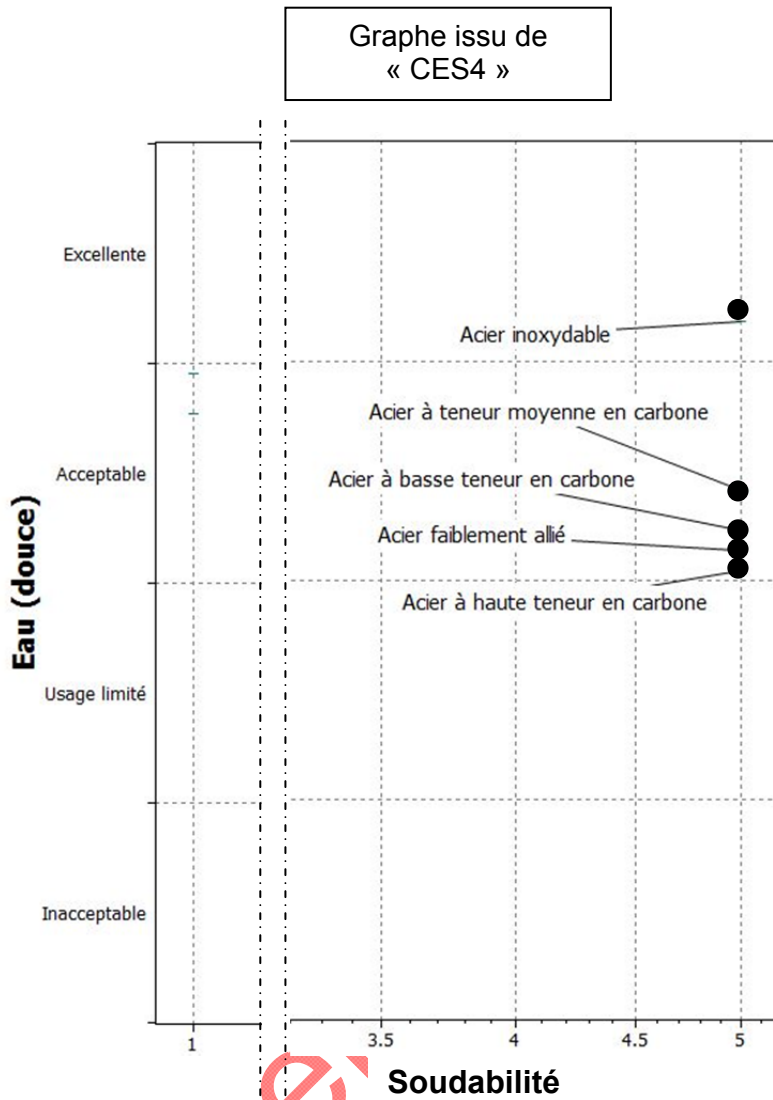
## DT15 Diagramme Sysml décrivant la chaîne d'énergie de l'unité de turbinage

Questions 2.5 , 2.6 :



# DT16: Choix du matériau de l'injecteur

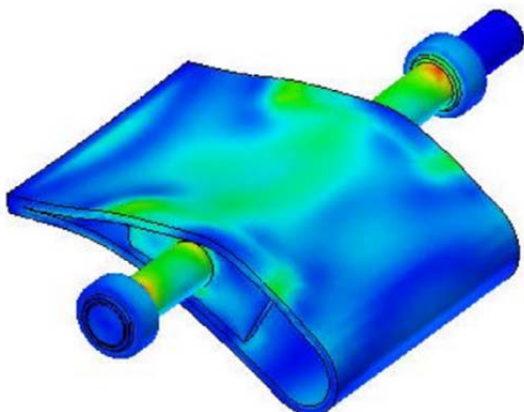
Questions 2.8, 2.9, 2.10



Résumé des caractéristiques des matériaux retenus

Matériaux	Résistance pratique à la limite élastique (Rpe) en Mpa
Acier inoxydable	450
Acier à teneur moyenne en carbone	305
Acier à basse teneur en carbone	250
Acier faiblement allié	400
Acier à haute teneur en carbone	400

Simulation de la répartition des contraintes mécaniques ( $\sigma$ ) sur l'injecteur soumis au flux de l'eau.



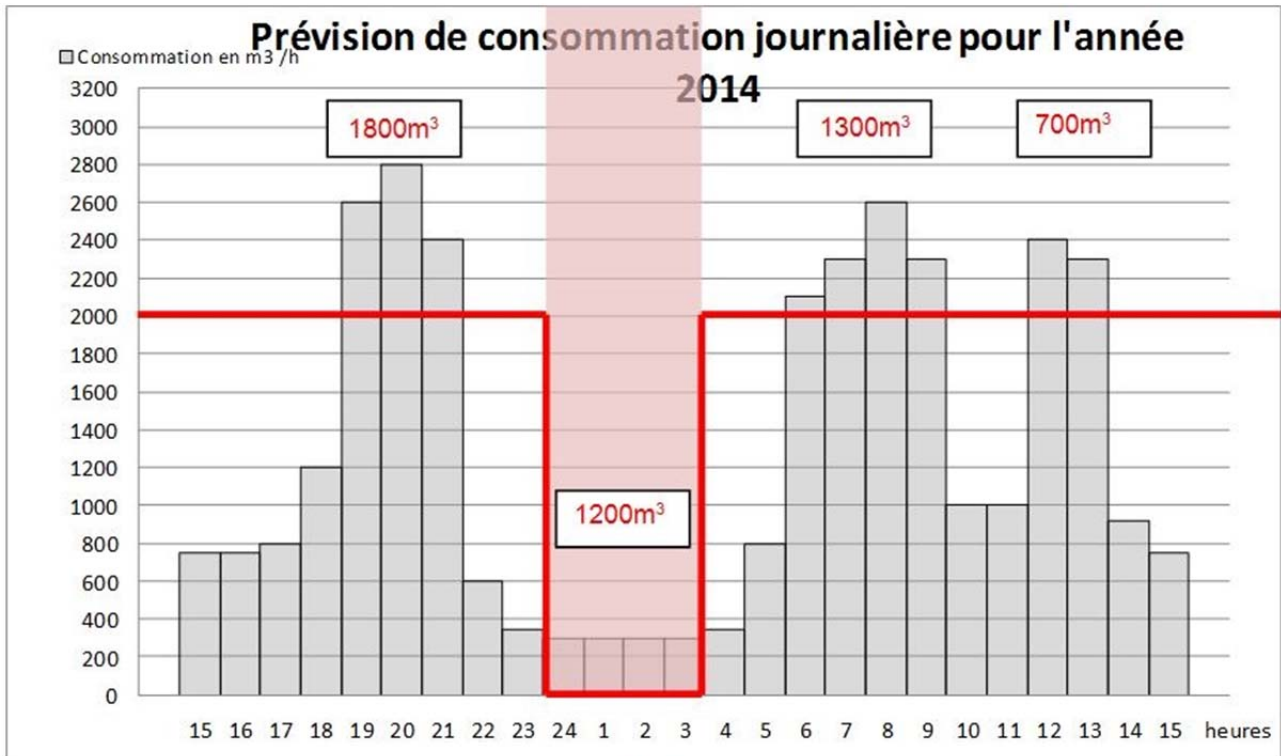
Echelle des contraintes :  $\sigma$  en Pa (N/m<sup>2</sup>)



Exemple de lecture :  
 8.660e+007 N/m<sup>2</sup> = 86,6Mpa

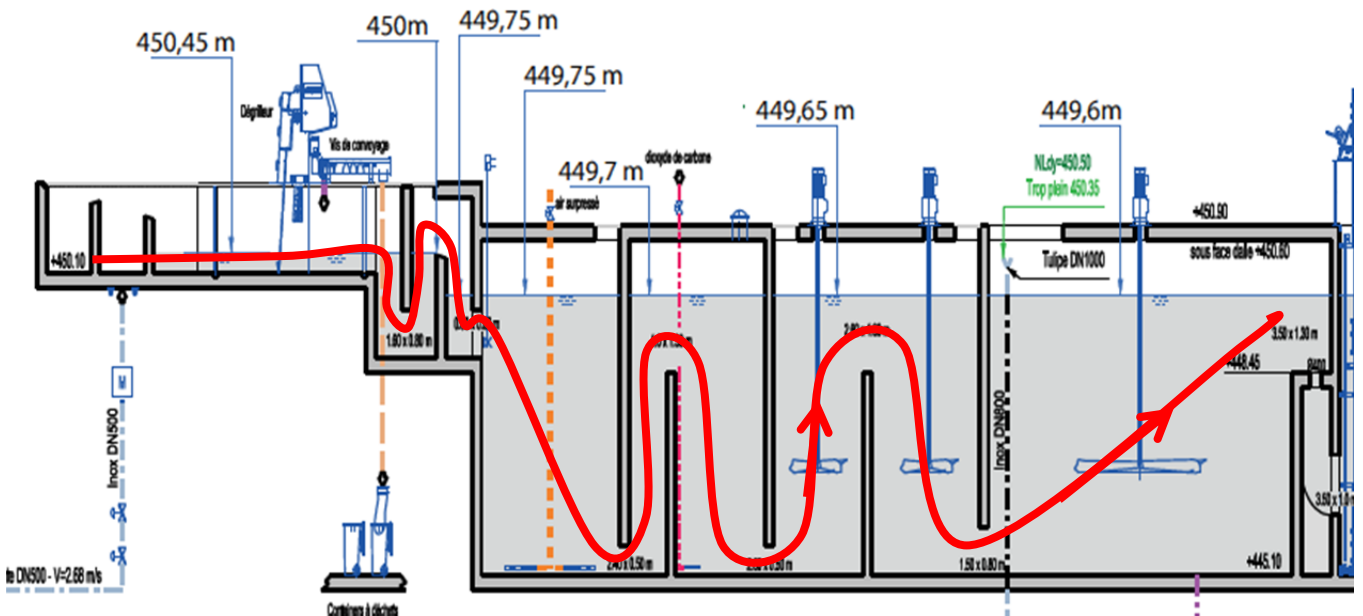
**DOCUMENT REPONSES DR1**

Questions 1.3 / 1.4 / 1.5



Question 1.9

Extrait du profil hydraulique de l'usine :



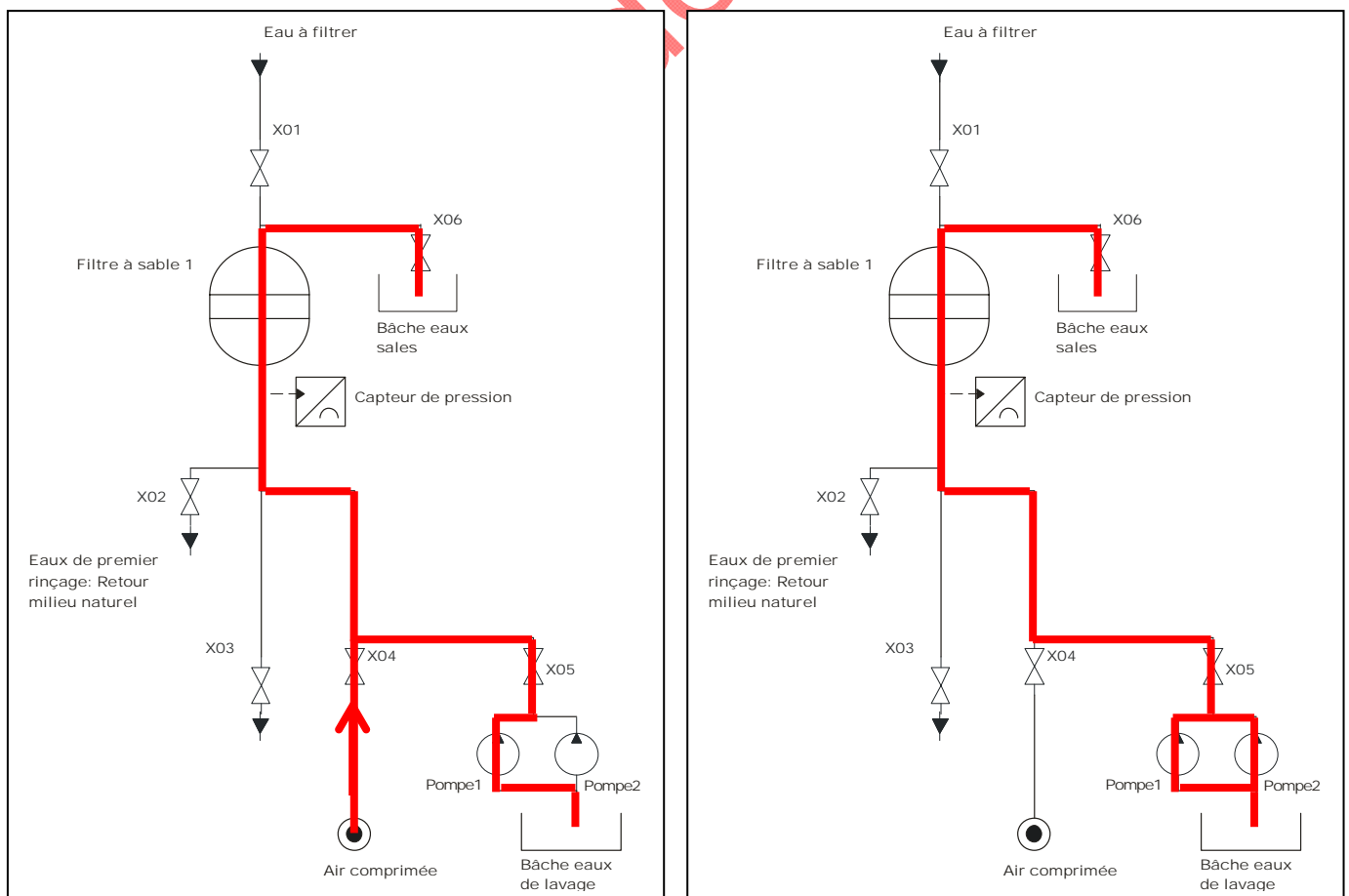
## DOCUMENT REPONSES DR2

Question 1.12 :

Nom de l'étape de traitement des eaux	Rôle de l'étape	Réactifs associés
Aération	Réduire la teneur en Fer	Air
Reminéralisation	Diminuer l'agressivité de l'eau	CO <sub>2</sub>
Coagulation	Injection d'un coagulant dans l'eau	FeCl <sub>3</sub> /Chaux
Floculation	Agglomération des matières dissoutes.	Polymère
Clarification	Séparation des matières solides par décantation	
Neutralisation	Equilibre du pH de l'eau	CO <sub>2</sub>

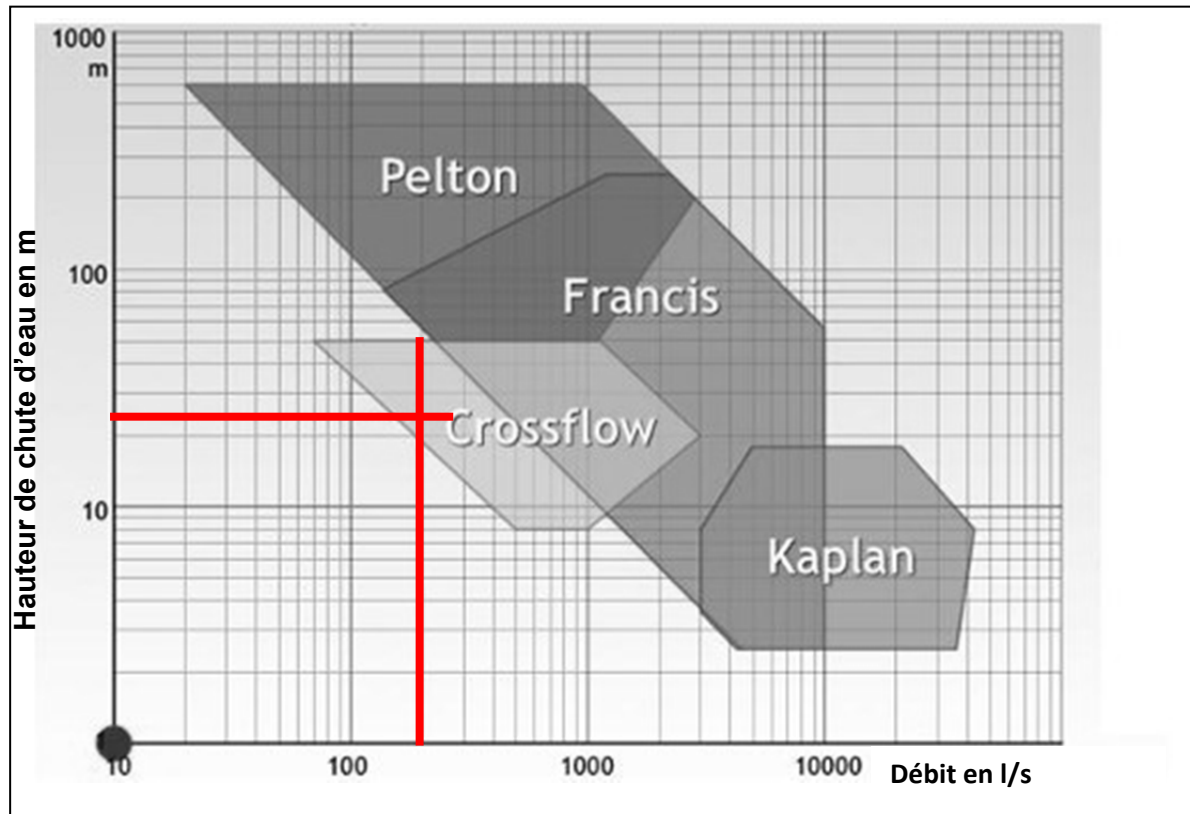
Question 1.13

## Synoptique de la filtration à sable :



**DOCUMENT REPONSES DR3**

Question 2.4:

**Abaque de choix d'un type de turbine**

Eléments