

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
INFORMATIQUE ET RESEAUX
POUR L'INDUSTRIE ET LES SERVICES TECHNIQUES**

Session 2006

**EPREUVE E.4
Etude d'un système informatisé**

Durée : 6h00 Coefficient 5

« Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999). »

Aucun document autorisé.

Ce document comprend :

| | | |
|-------------------------|----------------|--|
| Sujet | : pages 1 à 25 | (couleur rose) |
| Annexes | : pages 1 à 21 | (couleur verte) |
| Document réponse | : pages 1 à 12 | A rendre obligatoirement (même vierge). |

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.

BTS INFORMATIQUE ET RESEAUX POUR L'INDUSTRIE ET LES SERVICES TECHNIQUES

Session 2006

EPREUVE E.4 Etude d'un système informatisé

COMMANDE AUTOMATISEE DES CENTRALES HYDRAULIQUES DU RHIN

Sujet

Durée : 6h00 Coefficient 5

« Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999). »

Aucun document autorisé

Toutes les réponses sont à fournir dans le livret « Document réponse » à l'exclusion de toute autre support.

Les réponses doivent être exclusivement mises dans les emplacements prévus à cet effet. Si nécessaire, le candidat a la possibilité de rectifier ses réponses sur la page non imprimée en regard.

On ne justifiera une réponse que si le document le demande.

Temps conseillés et barèmes indicatifs :

| | | |
|--|-------------------|------------------|
| Lecture du sujet : | 30 minutes | |
| B) Etude des éléments du système | 45 minutes | 10 points |
| C) Analyse UML | 60 minutes | 20 points |
| D) Conception & Codage | 90 minutes | 25 points |
| E) Communication - Réseau | 45 minutes | 25 points |
| F) Architecture matérielle du PHV | 60 minutes | 20 points |
| Relecture | 30 minutes | |

Sommaire

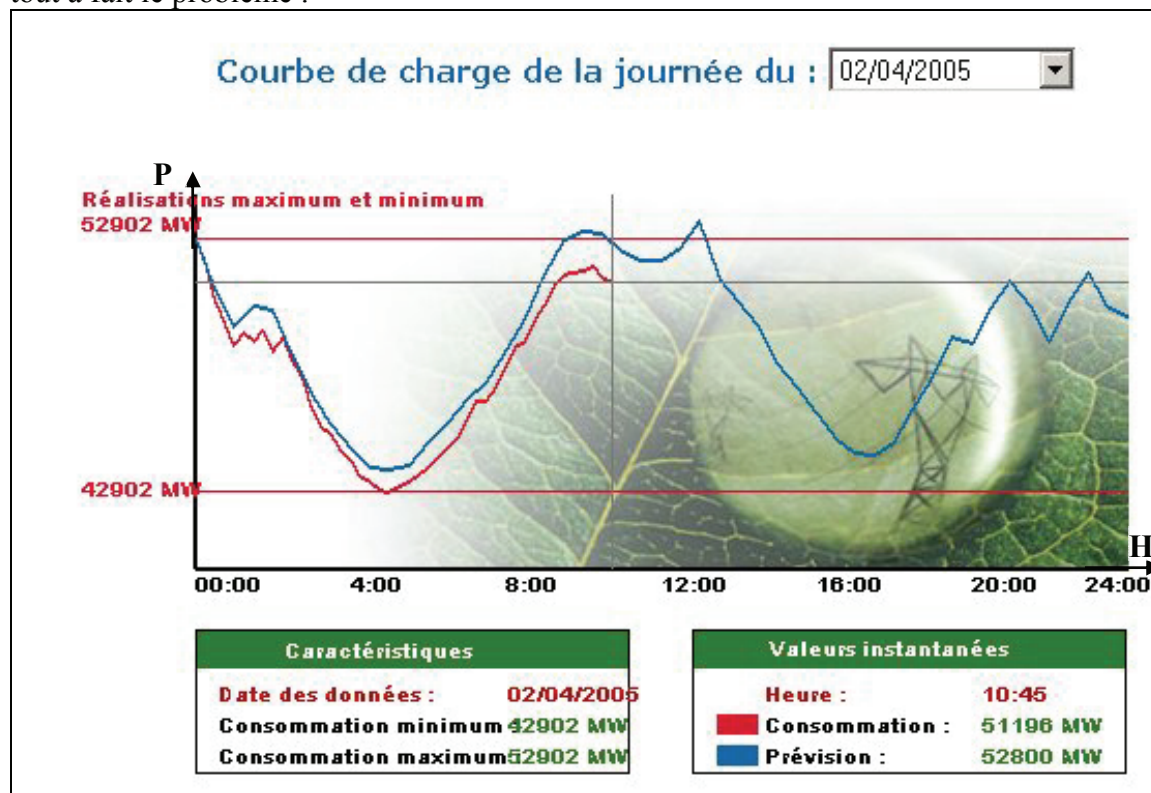
| | | |
|------|---|----|
| A. | Présentation du système..... | 3 |
| A.1 | La problématique : | 3 |
| A.2 | Le système technique : | 4 |
| A.3 | Glossaire | 9 |
| B. | Etude du fonctionnement | 10 |
| B.1 | Calcul de marnage & puissance : | 10 |
| B.2 | Répartition des débits au PA de Kembs : | 11 |
| B.3 | Liaison fibre optique : | 11 |
| B.4 | Synchronisation horaire : | 11 |
| C. | Analyse UML..... | 12 |
| C.1 | contexte..... | 12 |
| C.2 | expression des besoins | 12 |
| C.3 | scénario planification des éclusées | 13 |
| C.4 | scénario régulation du débit..... | 15 |
| C.5 | identification des éléments de la structure | 16 |
| D. | Conception et codage au PA | 18 |
| D.1 | Conception générale : | 18 |
| D.2 | Codage: | 19 |
| E. | COMMUNICATION ET RESEAUX | 21 |
| E.1 | MODBUS..... | 21 |
| E.2 | Réseaux du P.A. | 21 |
| E.3 | Composition des API..... | 22 |
| F. | Architecture matérielle du PHV | 23 |
| F.1. | Adressage des ports série du CDS1 | 24 |
| F.2. | Configuration des ports série d'un module "IP-Serial" | 25 |

A. Présentation du système

A.1 La problématique :

NB : Les mots notés en gras sont spécifiques au métier et sont définis dans le glossaire à la fin de cette partie A.

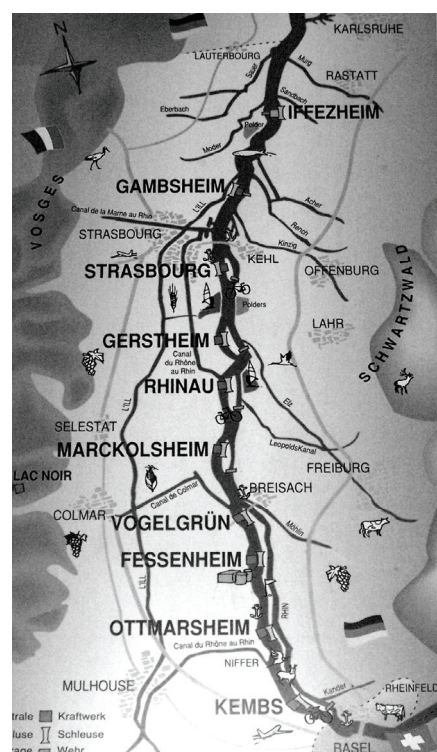
EDF produit de l'électricité en fonction de la demande qui varie selon la tranche horaire. Cette courbe fournie sur Internet par le RTE (Gestionnaire du réseau de transport de l'électricité) illustre tout à fait le problème :



L'énergie hydraulique, en particulier celle fournie par le Rhin contribue à l'adaptation de la production aux besoins.

Dix centrales hydroélectriques sont installées le long du Rhin de Kembs à Iffezheim. Pour augmenter la puissance électrique, on procède à des **éclusées**, c'est à dire des rétentions d'eau pendant les heures creuses que l'on restitue pendant les heures dites pleines ; cette opération entraîne un **marnage** (changement de niveau d'eau) des **biefs** du Rhin. Le niveau doit rester dans des valeurs contractuelles (pour la navigation fluviale).

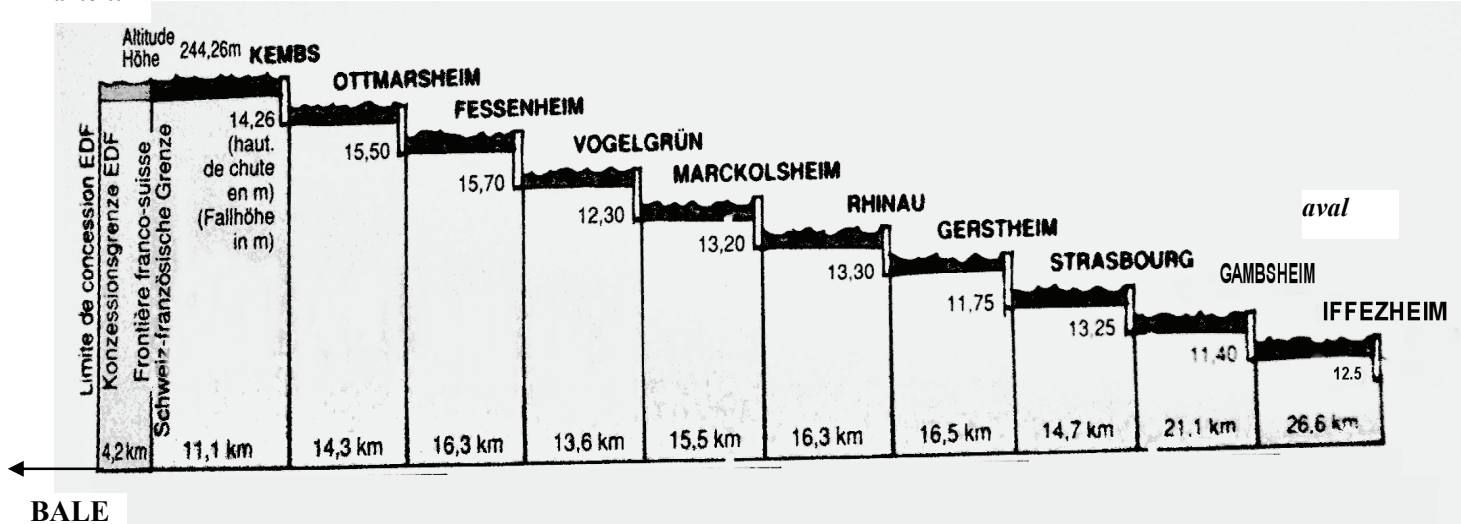
Les 10 centrales hydroélectriques que nous appellerons par la suite **PA** (Poste Automatisé) sont commandées depuis le poste central appelé **PHV** (Poste Hydraulique de la Vallée du Rhin). Celui-ci donne les consignes de débit pour chacun des **PA**, adaptées aux périodes creuses ou pleines de production.



A.2 Le système technique :

□ Le Rhin et le canal d'Alsace :

amont



Chaque **site** est composé d'un **PA** et d'une **écluse** pour assurer la navigation.

Le poste central **PHV** est situé à Kembs.

Les éclusées et le marnage :

Le principe de la modulation de la production de la puissance électrique consiste à retenir en heure creuse un volume d'eau dans les **biefs** amonts, ce qui a pour conséquence de faire baisser le niveau d'eau des **biefs** avals. De même on turbinera ce volume en vidant les biefs amonts en heure pleine au profit des biefs avals. Ceci permet d'obtenir un débit nominal constant à l'entrée et à la sortie du dispositif tout en différant le transfert d'un volume d'eau dont on pourra contrôler la descente sur 24 heures.

Les **éclusées** consistent à ajouter ou retrancher au débit naturel du Rhin un débit de modulation selon les formules ci-dessous :

$$D_t = D_n + D_m$$

D_t : Débit total à turbiner (m^3/s)

D_n : Débit naturel du Rhin au PA (m^3/s)

D_m : Débit de modulation (m^3/s)

- Période de rétention : $D_m < 0$
- Période de lâcher : $D_m > 0$
- Période d'équilibre : $D_m = 0$

Le débit de modulation est fonction de la modulation maximale donnée, pour chaque **PA**, par le tableau ci-contre et d'un coefficient de modulation que l'on choisit dans un intervalle $]0,1[$.

$$D_m = M_{max} * C_m * k$$

D_m : Débit de modulation (m^3/s)

M_{max} : modulation maximale (m^3/s)

C_m : coefficient de modulation

k : = -1 pendant une période de rétention

+1 pendant une période de lâcher

0 pendant une période d'équilibre

| PA | modulation maximale (M_{max}) |
|--------------|-----------------------------------|
| Kembs | 0 |
| Ottmarsheim | 74 |
| Fessenheim | 154 |
| Vogelgrun | 218 |
| Marckolsheim | 270 |
| Rhinau | 300 |
| Gerstheim | 300 |
| Strasbourg | 300 |
| Gambsheim | 195 |
| Iffezheim | 0 |

Par exemple : Au **PA** d'Ottmarsheim, avec un débit naturel de $500\text{m}^3/\text{s}$, durant une période de lâcher ($k=+1$) avec $C_m=0,5$ entraîne un débit total égal à $537\text{ m}^3/\text{s}$.

On remarque que les deux **PA** extrémités ne font jamais d'éclusées pour les raisons suivantes :

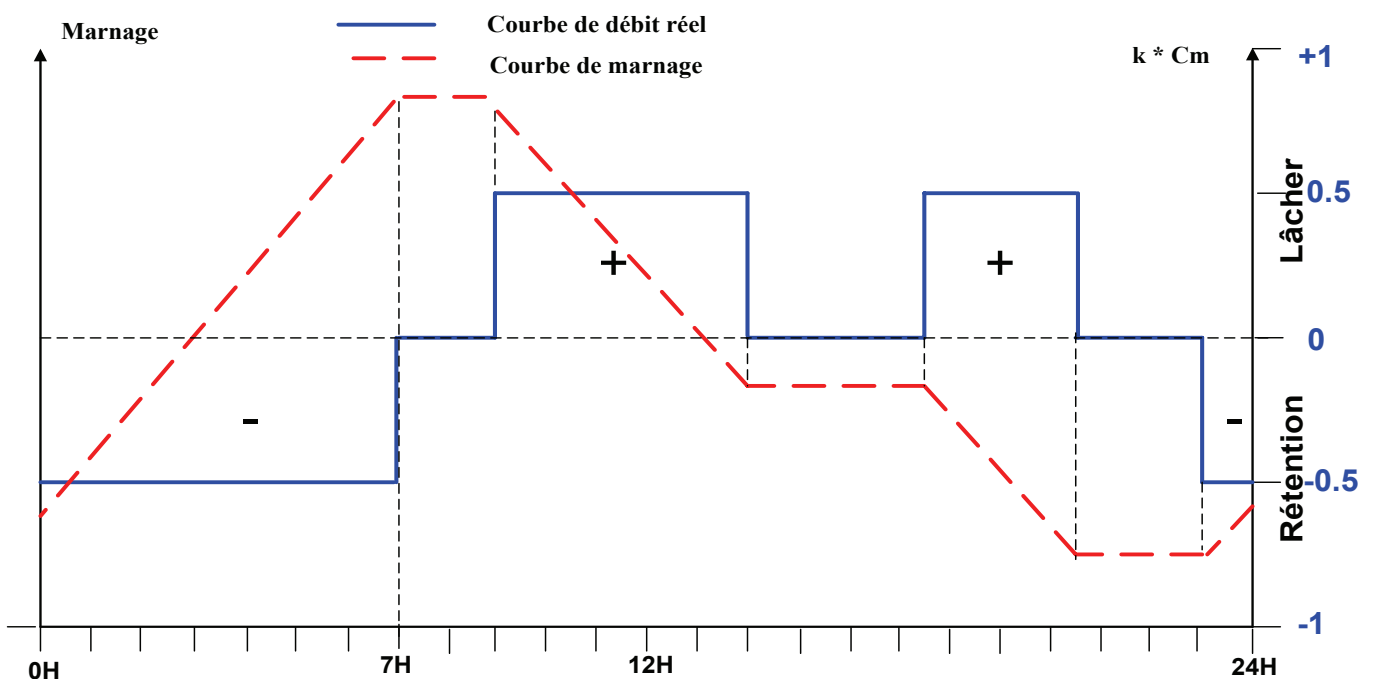
- Le niveau du **bief** au port de Bâle (en amont du **PA** de Kembs) doit rester constant.
- Le débit sortant du Rhin après Iffezheim doit être égal au débit entrant à Bâle augmenté de ceux des affluents (en tenant compte du temps de transfert).

Le coefficient de modulation est le même pour tous les **PA** sauf si un **PA** ne peut participer aux **éclusées** pour des raisons techniques.

Les **éclusées** sont programmées la veille. On y choisit :

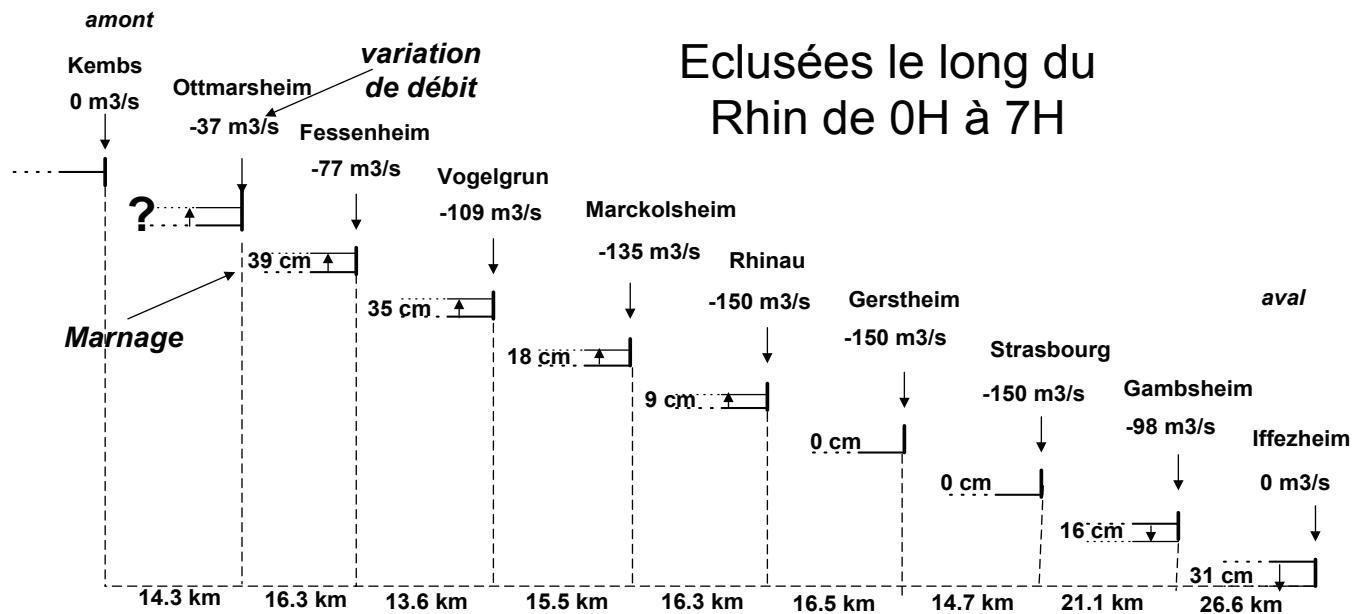
- le coefficient de modulation (le même toute la journée);
- les plages horaires des **éclusées** ainsi que leur type (**rétection**, **lâcher** ou **équilibre**).

La courbe ci-dessous illustre l'interaction entre le débit réel et le **marnage** du bief amont pour le **PA** d'Ottmarsheim :



Le schéma ci-dessous illustre les marnages aux différents **PA** entre 0H et 7H :

Le niveau d'un **bief** donné va augmenter si le débit de son **PA** amont est supérieur au débit de son **PA** aval et inversement.



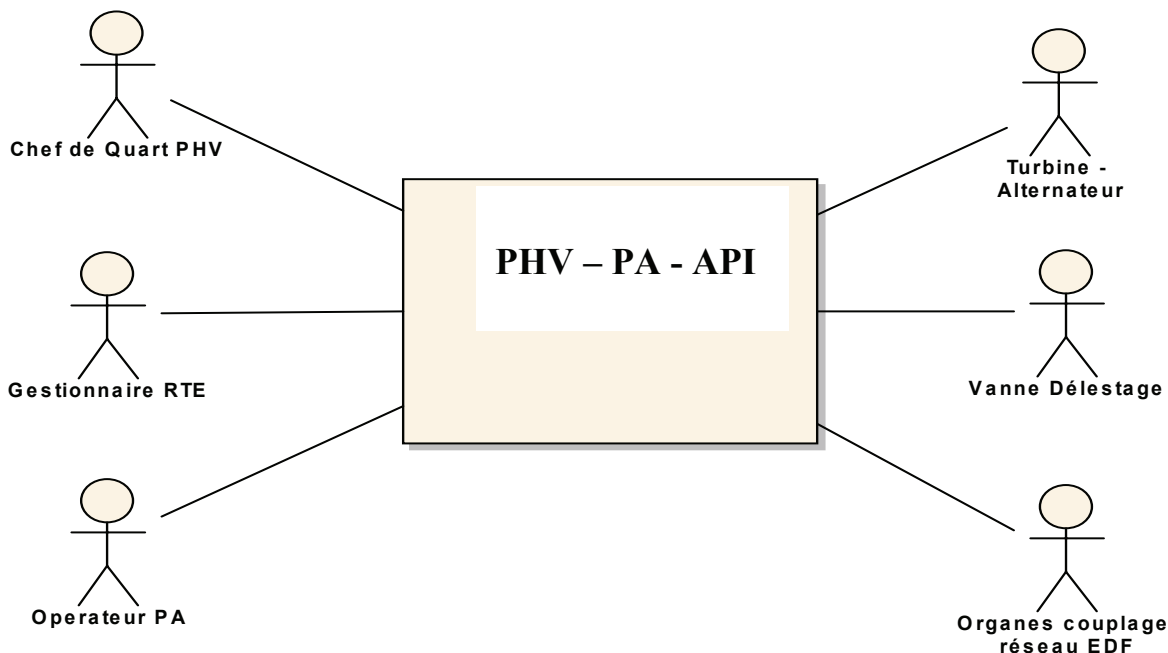
La consigne de débit :

Chaque **PA** reçoit du **PHV**:

- ❑ une valeur de débit naturel rafraîchie toutes les 5 minutes et qui correspond au débit naturel du fleuve ainsi que de tous les affluents. Elle tient aussi compte de la distance entre les usines car une variation de 100m³/s à Bale n'est pas envoyée en même temps à Kembs et à Iffezheim (1h40 plus tard).
- ❑ une valeur de débit de modulation (durant les éclusées, donc positive ou négative) qui vient se rajouter à celle naturelle pour former la consigne totale que le calculateur du **PA** va ensuite répartir entre ses différents groupes.

Contexte global du système :

Le système est composé du **PHV** et des différents **PA**, eux mêmes composés d'un calculateur et d'**API**.

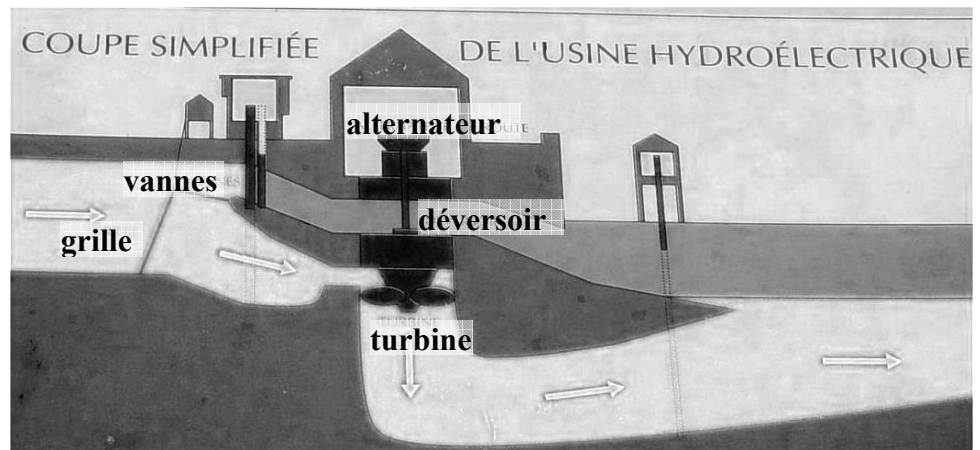


Le PA et ses groupes :

Le **PA** est composé d'un calculateur Bull SPS5 et d'un nombre de groupes allant de 6 à 10 selon les **PA**.

Un groupe est composé de 2 **API** (automates TSX37) dont un assure entre autre la commande :

- ❑ d'une turbine couplée à un alternateur,
- ❑ des vannes de délestage,
- ❑ des organes nécessaires au couplage de la tension produite sur le réseau Edf.



Le 2^{ème} automate n'est là que pour des raisons de sécurité, en fonctionnement normal cet automate est passif.

L'automate actif reçoit des informations de capteurs avec notamment le débit mesuré et le niveau en amont.

Le calculateur reçoit du **PHV** les valeurs de débit naturel et débit de modulation, en déduit la consigne de débit total et attribue ou non à chaque groupe un quota de ce débit en fonction de l'algorithme de répartition présenté en annexe 2.

Si le **PA** pour des raisons techniques ne peut mettre en service les turbines, l'eau passe par les vannes des déversoirs : dans ce cas, les vannes sont également commandées par l'automate pour assurer le débit de consigne.

L'opérateur du **PA** peut mettre chacune des turbines :

- ❑ en mode automatique (le calculateur du **PA** calcule le débit),
- ❑ en mode manuel (l'opérateur fixe un débit)
- ❑ à l'arrêt.

Les turbines :

On peut avoir 3 sortes de turbines : les Kaplan, les Hélices et les Bulbes.

Les Kaplan et les Hélices ont un flux d'eau vertical (voir figure ci-dessus) alors que les Bulbes ont un flux d'eau horizontal.

Le débit des Kaplan et des Bulbes peut être ajusté en jouant sur l'inclinaison des pales.

La remontée d'information vers le PHV :

Le débit turbiné, les pertes calculées et les niveaux sont remontés vers le **PHV** toutes les minutes.

L'archivage et les statistiques :

Tous les jours à **0H00**, le PC d'archivage récupère ces mêmes données pour produire des états statistiques.

Le réseau PHV :

Le réseau du **PHV** ainsi que sa liaison vers les **PA** sont dédoublés dans un souci de sécurité.

Il est composé de :

- 2 serveurs (CDS1 et CDS2)
- 2 unités de gestion graphique (CVS1 et CVS2)
- 2 unités de gestion des liaisons (UGG1 et UGG2)

Ces 6 unités sont placées dans 4 racks VME disposés selon le schéma ci-dessous. Chacune des 6 unités a un coupleur Ethernet.

Deux réseaux Ethernet reliés par un routeur permettent à tous ces équipements de communiquer entre eux. Seul un serveur et une unité de gestion des communications sont actifs sur l'ensemble des 2 réseaux, par contre, les 2 unités de gestion graphique (CVS1 & CVS2) sont actives (le chef de quart du PHV peut utiliser indifféremment un poste opérateur ou un autre).

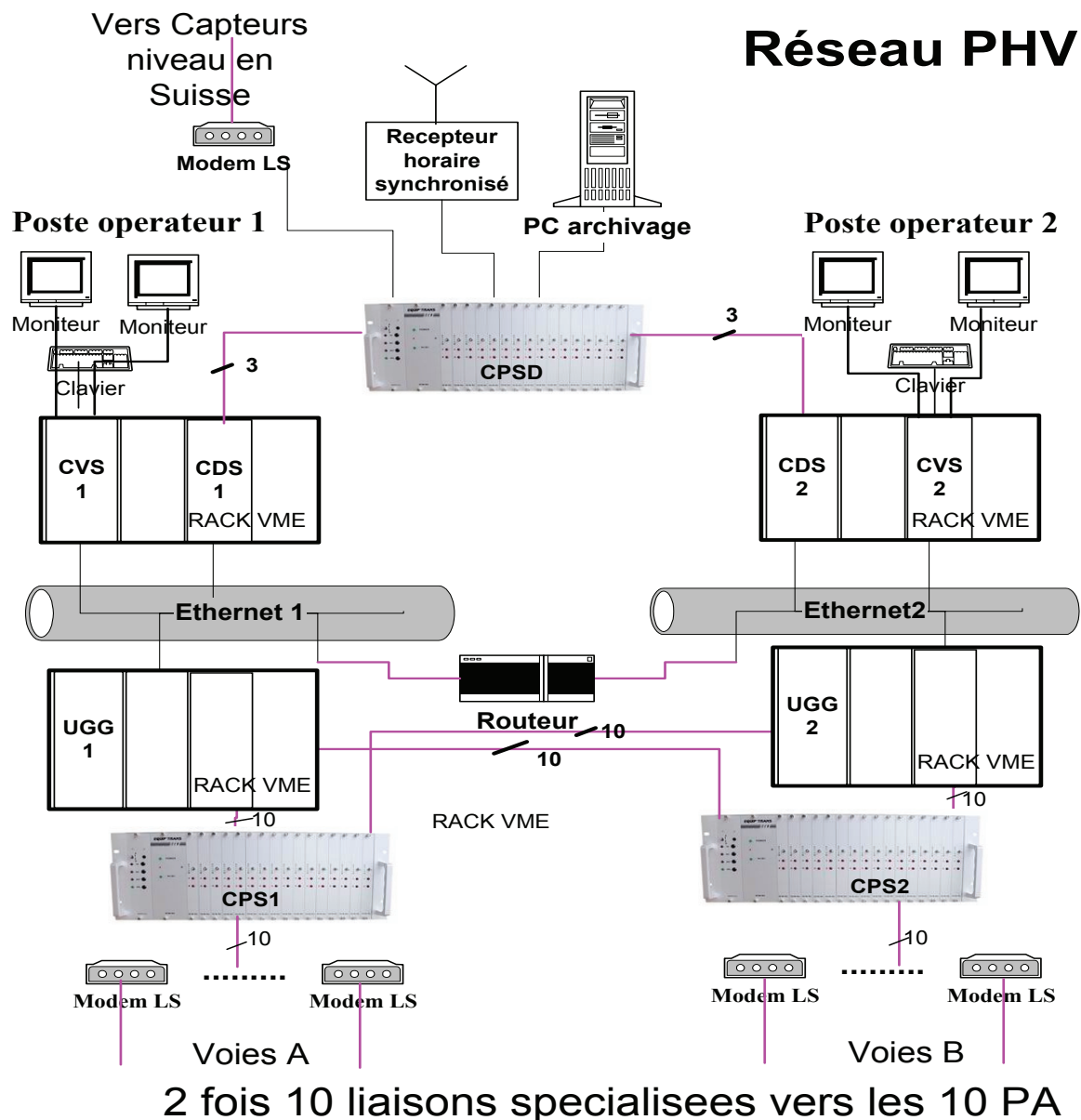
La liaison entre le **PHV** et les 10 **PA** est également doublée :

Les 2 unités de gestion des communications (UGG1 & UGG2) aiguillent les informations des 10 liaisons séries vers les 10 PA en commutant les voies A ou B des 2 unités de commutation RS232 (CPS1 & CPS2)

Les lignes utilisées sont des liaisons spécialisées et nécessitent des modems LS.

Une autre unité de commutation RS232 (CPSD), permet au serveur actif (CDS1 ou CSD2) de communiquer avec :

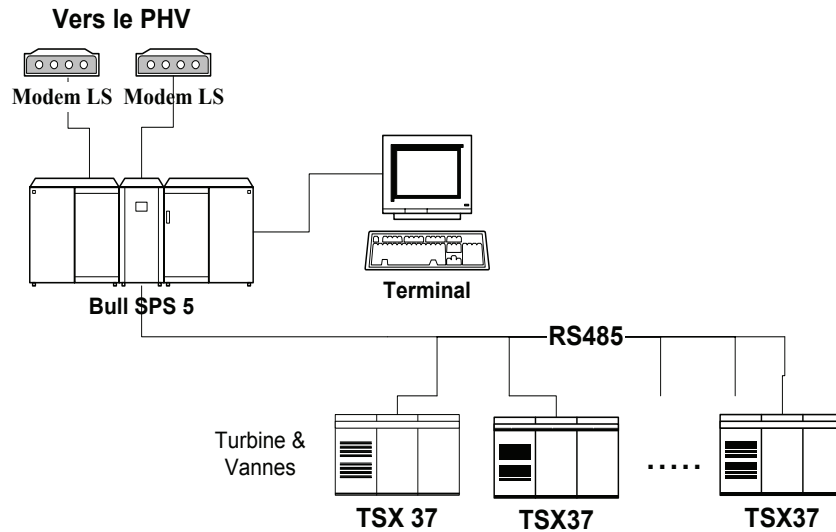
- ❑ Un récepteur horaire permet de synchroniser l'heure utilisée sur l'heure de Paris.
- ❑ Deux capteurs limnimétriques (capteurs de niveaux) via des liaisons spécialisées situés, le premier à Bâle, le second plus en amont (et qui permet au PHV de faire des prévisions).
- ❑ Un Pc d'archivage (de type industriel) pour l'archivage des données en provenance des **PA**.



Le réseau PA

Il ne diffère pour les 10 **PA** que dans le type de turbines utilisées ; celui de Kembs sur lequel portera le sujet est équipé de 2 Kaplan et de 4 Hélices.

Le calculateur communique avec les automates par une liaison RS485.



La liaison PHV - PA

Ce sont 2 fois 10 liaisons spécialisées, l'une en cuivre, l'autre en fibre optique utilisant des modems.

Le **PHV** après avoir envoyé une consigne au **PA**, attend un acquittement de celui-ci et en cas d'erreur se replie sur l'autre voie. Le **PA** procède de manière symétrique.

A.3 Glossaire

- ❑ **Bief** :
Tronçon entre deux barrages.
- ❑ **Eclusee** :
Phase de rétention ou de lâcher d'eau à un barrage.
- ❑ **Marnage** :
Amplitude entre un niveau haut et un niveau bas d'eau dans le bief.
- ❑ **Rétention** : phase d'éclusee pendant laquelle on diminue le débit ce qui a pour conséquence de produire moins d'électricité.
- ❑ **Equilibre** : le débit total est égal au débit naturel du Rhin,
- ❑ **Lâcher** : phase d'éclusee pendant laquelle on augmente le débit ce qui a pour conséquence de produire plus d'électricité.
- ❑ **RTE** :
Gestionnaire du réseau de transport de l'électricité.
- ❑ **PHV** :
Poste hydraulique de la vallée du Rhin : poste central de commande.
- ❑ **PA** :
Poste automatisé : correspond à une usine hydroélectrique.
- ❑ **API** :
Automate programmable industriel.

B. Etude du fonctionnement

B.1 Calcul de marnage & puissance :

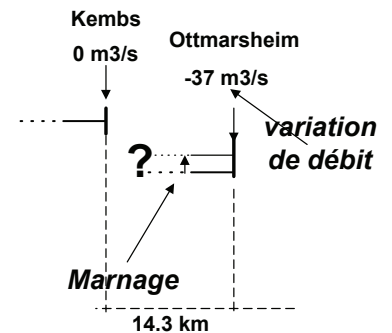
Question B.1.1

Complétez les heures manquantes dans le tableau en veillant à respecter l'équilibre entre **réten**tion et **lâcher** sur 24H.

- ☐ On s'intéresse au marnage du bief amont d'Ottmarsheim lié à l'écluse de 0H00 à 07H00.

Les formules générales sont fournies en **annexe 1**

La largeur moyenne du bief d'Ottmarsheim est de 135m.



Question B.1.2

Calculez la valeur du marnage de ce bief.

- ☐ On s'intéresse maintenant au **PA** de **Kembs**.

Celle-ci dispose de **6 groupes** dont 2 turbines **Kaplan** et 4 « **Hélices** ».

Le **PHV** a donné une consigne de **530 m3/s** pour le **PA** de **Kembs**.

Le **calculateur** du **PA** a réparti les débits entre **3 groupes** avec des débits respectifs de **240, 230 & 60 m3/s**.

- ☐ La hauteur de la chute est de **H=14,26m**
- ☐ Le rendement d'une turbine **Kaplan** est de **85%**
- ☐ Le rendement de l'alternateur est de **94%**

Question B.1.3

Calculez la **puissance électrique** fournie par le groupe équipé d'une turbine **Kaplan** devant turbiner **240 m3/s**.

B.2 Répartition des débits au PA de Kembs :

Le principe de l'algorithme et des extraits de pages sont données en **annexe 2**.

- On rappelle que la **nature** d'une combinaison peut être **courante**, **adjacente** ou **maximale**.

Au début d'éclusee, le **PA** reçoit une consigne de débit total (débit naturel + débit de modulation) du PHV de **970 m3/s**.

Tous les groupes sont en mode **automatique**.

Question B.2.1

Donnez la répartition choisie, c'est à dire les groupes et leur débits de consignes respectifs ainsi que la nature de la combinaison.

Un nouveau débit de **980 m3/s** est assigné au **PA** de Kembs.

Question B.2.2

Donnez la nouvelle répartition choisie et la nature de la combinaison.

Un nouveau débit de **990 m3/s** est assigné au **PA** de Kembs.

Question B.2.3

Donnez la nouvelle répartition choisie et la nature de la combinaison.

Pour dégager un arbre pris dans la grille au niveau du **groupe 4**, l'opérateur du **PA** passe celui-ci en mode manuel et on lui attribue un débit de **100 m3/s**.

Question B.2.4

Donnez la page chargée, la nouvelle répartition choisie et la nature de la combinaison.

B.3 Liaison fibre optique :

Question B.3.1

Donnez les caractéristiques générales de la fibre optique (**avantages & inconvénients**).

B.4 Synchronisation horaire :

La documentation constructeur de l'horloge de synchronisation est donnée en **annexe 3**

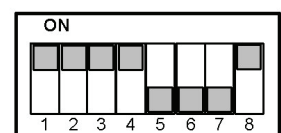
Question B.4.1

Complétez le tableau comparant les 3 modes **RS-232**, **RS-485** & **RS-422**

On s'intéresse au temps mis par l'ordre de synchronisation de l'horloge vers le calculateur actif du **PHV**. Les commutateurs sont positionnés comme indiqué ci-contre :

Question B.4.2

Calculer le temps de transmission

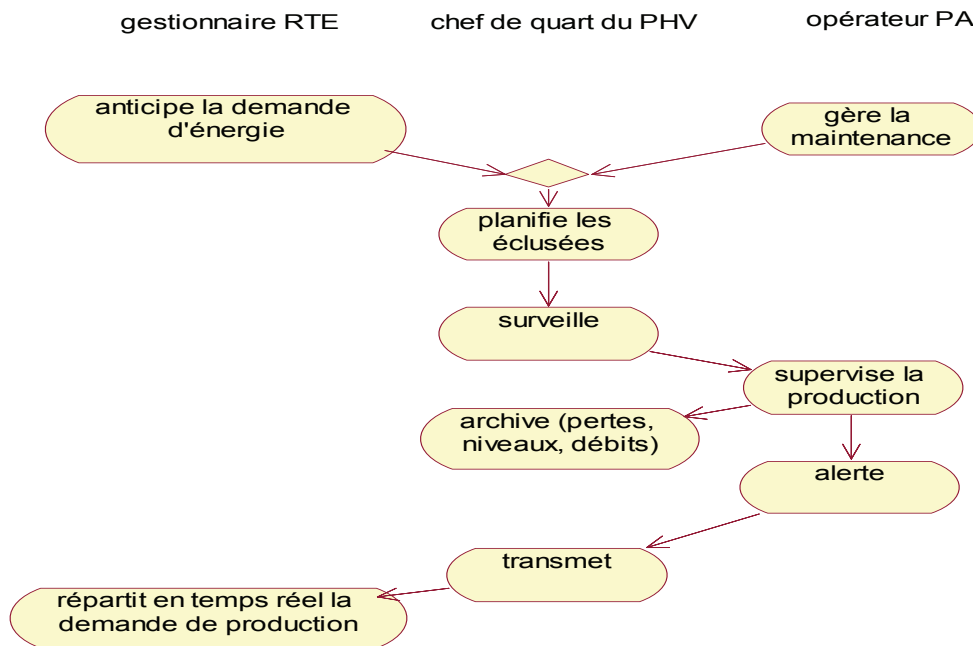


C.Analyse UML

C.1 contexte

Remarque : On considère dans la représentation un cas de fonctionnement nominal pour lequel les équipements doublés pour raison de sécurité ne figurent qu'une seule fois.

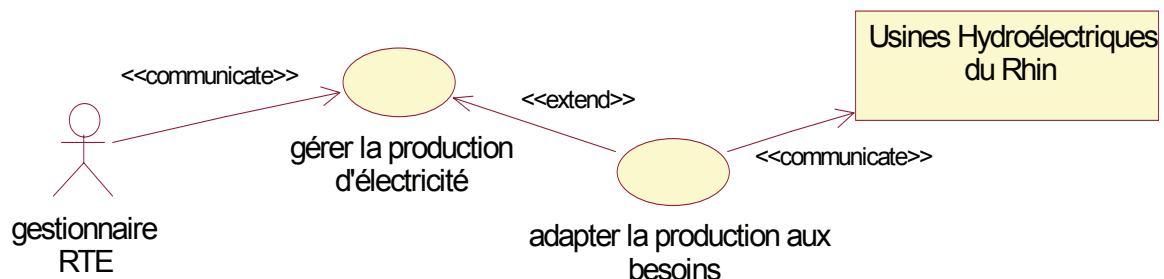
Le Diagramme d'Activités suivant offre quant à lui une représentation des activités principales ainsi que de leur enchaînement typique, en désignant de plus pour chacune d'elles l'acteur auquel incombe la responsabilité de leur réalisation.



C.2 expression des besoins

On définit les besoins des différents acteurs comme autant de Cas d'Utilisation. Les besoins d'un acteur sont justifiés par les missions qu'il assume au sein du système.

Le Diagramme des Cas d'Utilisation ci-dessous, traduit les indications suivantes extraites de la présentation du système : Le **RTE** est un service chargé de la gestion de production de l'énergie électrique en France. Il lui appartient notamment d'anticiper les besoins en électricité et dispose des usines hydroélectriques comme moyen de régulation de la production. En effet, contrairement à une centrale nucléaire, une telle usine permet rapidement de faire évoluer la quantité d'énergie produite.



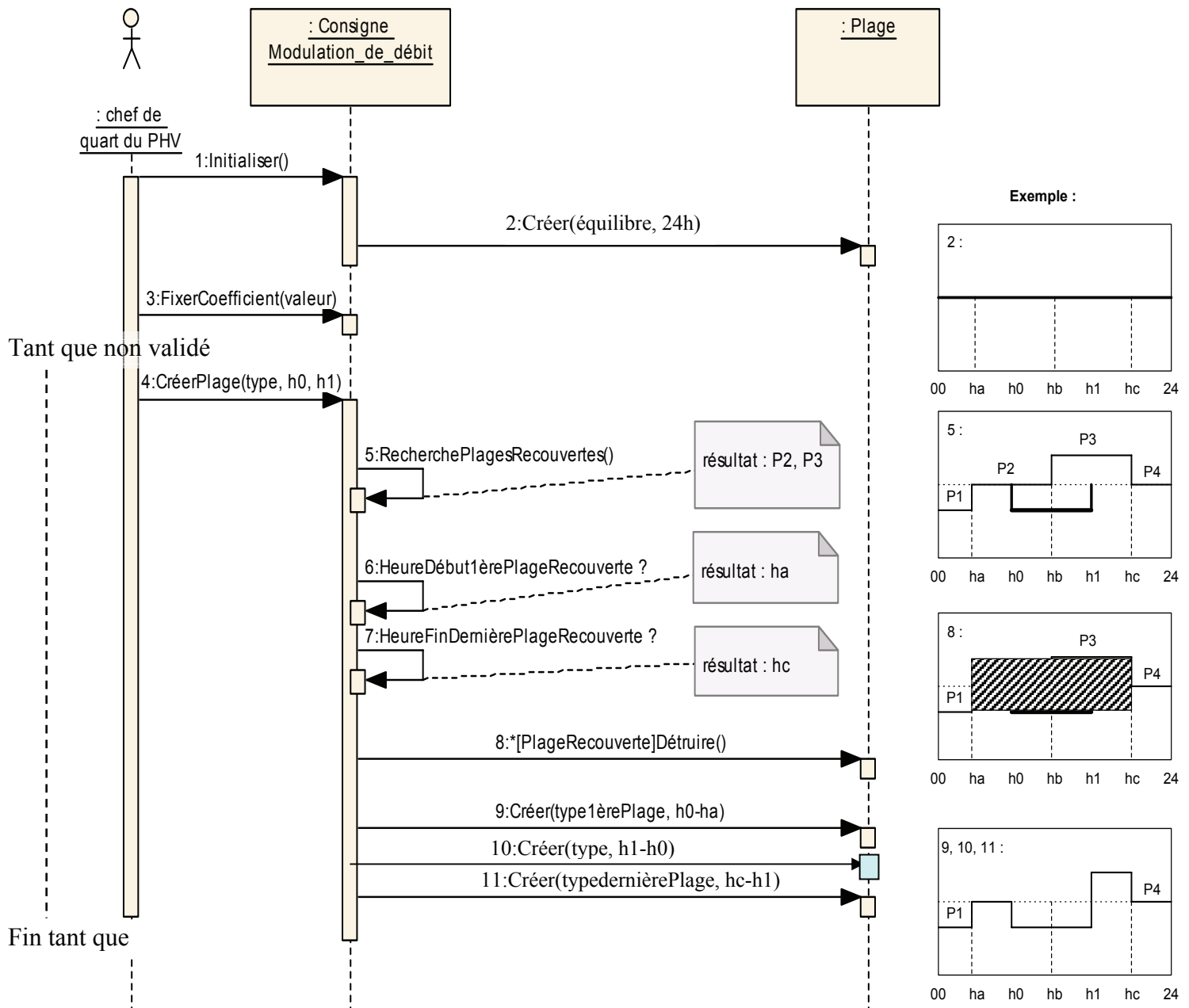
Question C.2.1

Complétez le Diagramme des Cas d'Utilisation se rapportant à l'acteur correspondant au chef de quart situé au PHV, par la représentation des relations :

- entre les cas d'utilisation et l'acteur lorsque cela est justifié par l'une des missions dont celui-ci a la charge,
- entre les différents cas d'utilisation eux-mêmes, lorsque cela se justifie. Précisez dans ce cas le stéréotype s'y appliquant en choisissant dans la liste :
étend (extend), utilise (use).

C.3 scénario planification des éclusées

La planification des éclusées consiste à tracer le chronogramme sur 24 heures des plages de temps correspondant soit à une rétention d'eau, à un lâcher ou à une période dite d'équilibre pour laquelle la consigne de débit se confond avec la valeur de l'écoulement naturel du fleuve. Cette opération est effectuée la veille par le chef de quart présent au **PHV**. Celui-ci dispose d'une application graphique interactive lui permettant de marquer des plages de temps (heure de début et de fin) et de leur affecter un type (rétention, équilibre ou lâcher). Le Diagramme de Séquences suivant exprime le scénario de planification des éclusées par création interactive des plages.



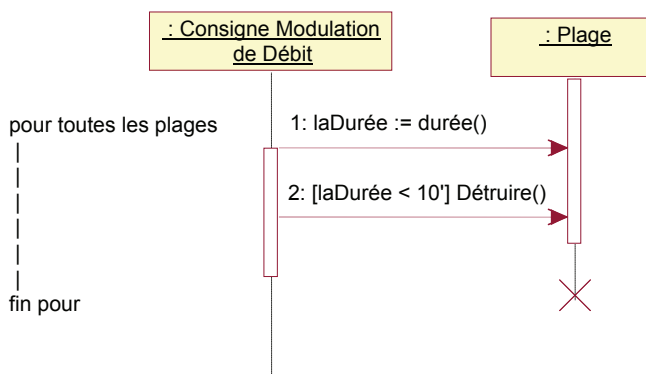
REMARQUE : L'objet de classe Consigne_Modulation_de_débit gère une liste ordonnée de l'ensemble des plages. Le principe de l'insertion dans la liste n'apparaît pas sur le diagramme ci-dessus afin de ne pas le surcharger.

Le scénario principal tel qu'il est représenté ci-dessus est systématiquement suivi par l'exécution de deux autres (scénarios secondaires) qui assurent l'épuration de la liste des plages. Ceux-ci opèrent respectivement la suppression des plages résiduelles de durée inférieure à 10 minutes et le regroupement des plages contiguës (qui se suivent) de même type.

Ci-contre, le scénario de

Suppression des plages résiduelles

Remarque : Le chef de quart ne prend pas directement part au déroulement du scénario. Comme il a déjà été précisé, l'exécution de celui-ci fait suite de façon automatique à la saisie tel que l'exprime le scénario principal.



On donne ci-contre la définition de la classe Plage.

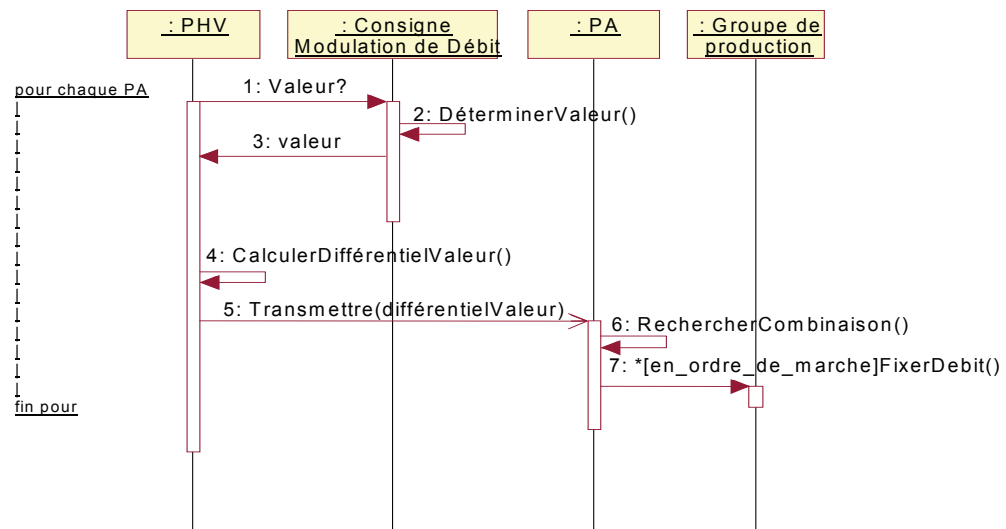
| Plage |
|---|
| - type : enum (équilibre, éclusée, rétention) - durée : entier |
| + type () : enum (équilibre, éclusée, rétention) + durée () : entier + Détruire () + Créer (type, durée) |

Question C.3.1

Complétez le Diagramme de Séquence exprimant le scénario de regroupement des plages de même type.

C.4 scénario régulation du débit

La période de production de 24 heures (1 journée) consiste en principe pour le **PHV** à transmettre en "temps réel" (périodicité 5 minutes) à chaque **PA** la valeur de consigne de débit total à turbiner. Celle-ci tient compte à la fois des données géographiques et de la planification de la veille.



Remarque: Afin de ne pas le surcharger inutilement, le Diagramme de Séquences ne fait apparaître ni l'opérateur présent au **PA**, ni les informations remontées depuis les différents **PA** vers le **PHV**.

Question C.4.1

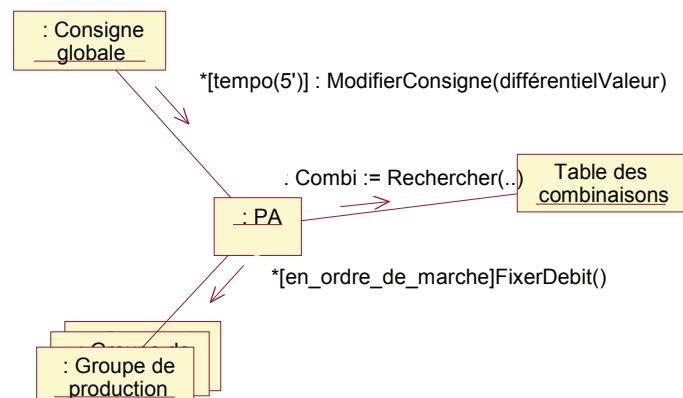
Dans le Diagramme de Séquences ci-dessus, justifiez la nature synchrone (représentée \longrightarrow) ou asynchrone (représentée \longrightarrow) des messages échangés.

Dans sa représentation, le message numéro 7 utilise une condition de garde précédée d'une étoile.

Question C.4.2

Proposez une traduction textuelle ("en toutes lettres") du message ***[en_ordre_de_marche]FixerDebit()**.

Le descriptif du système fait état de l'existence de tables de combinaisons pré calculées permettant à chaque PA de ventiler la demande de production sur les groupes turbine + alternateur à disposition. Sont pris en compte la valeur de consigne et la disponibilité effective des différents groupes (panne, entretien préventif).



Le Diagramme de Collaboration (UML 1.1) appelé aussi Diagramme de Communication (UML 2) ci-dessus illustre la mise en œuvre de ce principe.

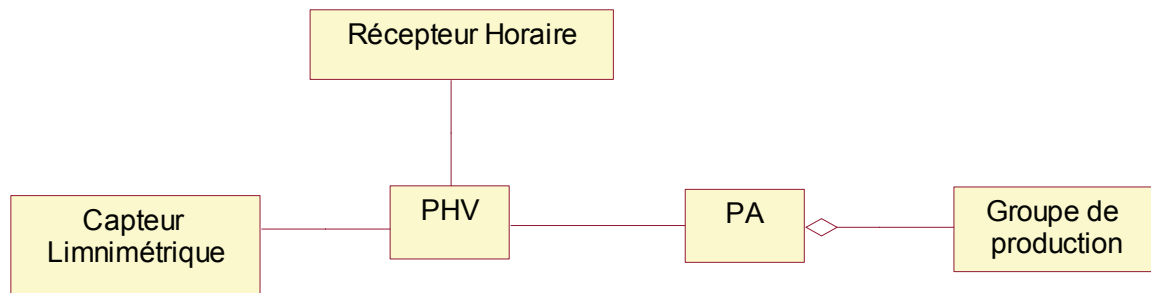
Question C.4.3

Numérotez les messages déjà indiqués qu'échangent les différents objets.

C.5 identification des éléments de la structure

A la lecture du paragraphe A.2 (Le système technique), certaines informations importantes émergent. L'essentiel peut être traduit en un Diagramme de Classes qui dessine alors la structure matérielle existante en faisant usage de la terminologie du domaine.

Dans une première tentative pour capturer la structure matérielle du système, il est évident de considérer le **PHV**, les **PA** et les groupes de production que compte chacune d'elles. On y ajoute des éléments matériels devant fournir une information spécifique au PHV (capteur de niveau et récepteur horaire). On retrouve cela sous forme de classe sur le diagramme à compléter ci-dessous.

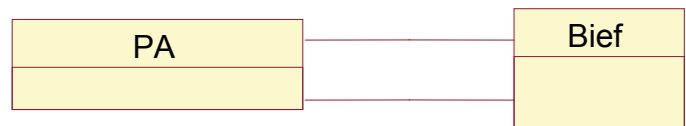


Remarque : Les PC dédiés à l'archivage et au calcul des statistiques n'ont pas été représentés. Par ailleurs, on considérera un diagramme de classes pour un cas de fonctionnement nominal pour lequel les composants du réseau PHV, même s'il est doublé pour des raisons de sécurité, n'apparaissent qu'une seule fois.

Question C.5.1

Complétez le Diagramme de Classes ci-dessus en inscrivant les **cardinalités** aux extrémités des relations entre classes.

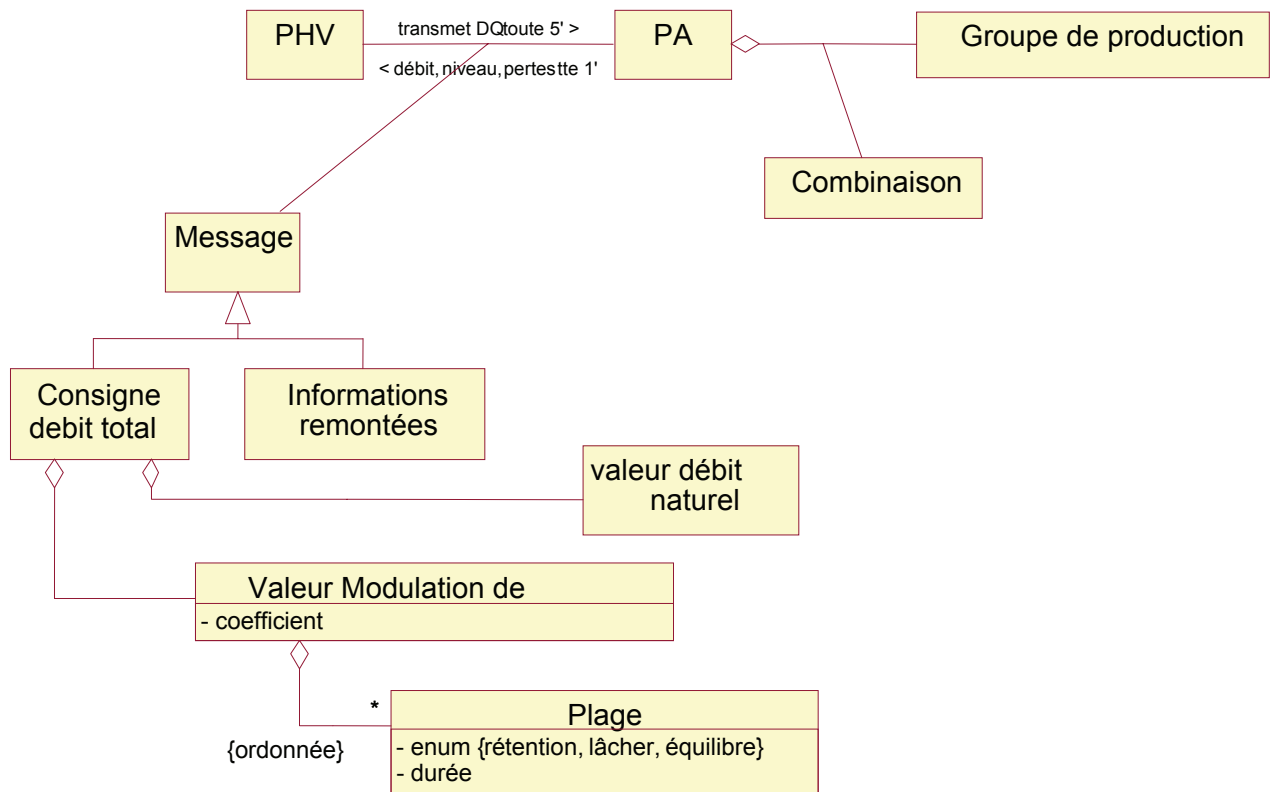
Les **PA** et les **biefs** sont reliés selon le diagramme de classe ci-contre. A ces classes sont attachées des données topographiques (longueur, largeur, hauteur de chute).



Question C.5.2

Dans le **Diagramme de Classes**, placez les termes de la liste suivante :
Longueur, largeur, amont, aval , hauteur de chute.

Le Diagramme de Classes ci-dessous présente l'organisation des différentes informations échangées entre le **PHV** et les **PA**. Celles-ci se rattachent à la structure des calculateurs (**PHV**, **PA**, **API**) sous la forme de classes-association qui elles-mêmes sont le point de départ pour une représentation logique détaillée fidèle à la réalité telle que la présente l'énoncé du problème.



Remarques :

Les classes **Consigne_debit_total** et **Informations_remontées** sont toutes deux associées à la classe **Message**.

Question C.5.3

Que signifie la représentation reliant ces trois classes ? Répondez dans le cas général d'une part et précisez ci cela signifie que...

- 1) un message est spécialisable soit en une consigne de débit total, soit en une somme d'informations remontées ;
- 2) une consigne totale correspond aux informations remontées ;
- 3) un message est composé à la fois d'une consigne totale et des informations remontées correspondantes.

Répondez à la question suivante en vous limitant strictement à ce qui figure sur le diagramme de classes.

Question C.5.4

De quoi est composée (au sens UML du terme) une **Consigne_debit_total** ?

La contrainte *{ordonnée}* attachée à la collection des plages composant la valeur de modulation de débit indique que l'ordre de succession des plages doit être géré.

Question C.5.5

Que faudrait-il changer aux attributs de la classe **Plage** pour que cette contrainte ne soit plus nécessaire ?

D. Conception et codage au PA

D.1 Conception :

On donne le diagramme de classe en **annexe** .

Question D.1.1

Donnez la déclaration de la classe **CKaplan**.

- ❑ L'application utilise le **polymorphisme** et la classe **CGroupe** est une classe **abstraite**.

Question D.1.2

Indiquez à quoi reconnaît on que la classe **CGroupe** est abstraite et quelles sont les conséquences.

- ❑ On relève dans le constructeur de la classe **CPa** l'instruction :
`this->nbGroupes = nbGroupes;`

Question D.1.3

Expliquez le rôle du pointeur **this** et son intérêt ici.

- ❑ On s'intéresse au constructeur et méthodes de la classe **CKaplan** :

Soit le bloc d'instruction :

```
CGroupe *groupe = new CKaplan(i);  
groupe->fixeDebit(debit);  
groupe->getResultats(&debit, &puissance);
```

Question D.1.4

Indiquez dans le tableau du document réponse si les méthodes appelées sont celles de la classe **CGroupe** et/ou celles de la classe **CKaplan**.

Question D.1.5

Ajoutez dans la déclaration de la classe **CPa** le lien assurant l'implémentation d'un membre nommé **combinaison**.

- ❑ L'attribut **typeTurbine** de la classe **CGroupe** est **protégé** (protected). Il est initialisé par les constructeurs des classes **CKaplan**, **CBulbe** & **CHelice**.

Question D.1.6

Indiquez quelle est la différence de visibilité entre **private** et **protected**, au niveau d'objets de classes **CKaplan**, **CHelice** ou **CBulbe**.

Pourquoi l'attribut **typeTurbine** doit-il être **protected** ?

D.2 Codage:

- La structure des messages **tMessagePa** reçus par la classe **CPa** est définie par la déclaration ci-dessous :

```
const int NBGROUPES=6;
enum tOrig {PHV, OPERATEUR};

struct tPhv {
    bool debutOuFinPhase;
    int  debitNaturel;
    int  debitModulation;
};
struct tOperateur {
    int etatGroupe [NBGROUPES];
};

struct tMessagePa {
    tOrig origineModif;
    union {
        tPhv      messageDuPhv;
        tOperateur messageOperateur;
    };
};
```

Question D.2.1

Complétez la portion de code de la tâche **calcule** recevant les consignes de la tâche **scruteLigne** (classe **CPa**).

- Le compilateur 32 bits utilisé implémente les énumérations avec des entiers et produit des entiers de **4 octets**.

Question D.2.2

Indiquez la taille en octets de la structure **tMessagePa** en détaillant le calcul.

Question D.2.3

Indiquez l'instruction du **C++** qui permet de retrouver cette taille.

- Le problème posé est celui du **producteur – consommateur** : la messagerie utilisée par les fonctions **envoi** & **retire** est articulée autour d'un sémaphore de section critique **Mutex**, de 2 sémaphores de synchronisation **SemaVide** initialisé au nombre de messages maximum et **SemaPlein** initialisé à 0 et d'un buffer circulaire.

| Version 1 | | Version 2 | | Version 3 | |
|--|--|--|--|--|--|
| envoi () | retire () | envoi () | retire () | envoi () | retire () |
| P(SemaVide) P (Mutex) enfile (elt) V(SemaPlein) V(Mutex) | P(SemaPlein) P(Mutex) elt = defile () V(SemaVide) V(Mutex) | P(SemaPlein) P (Mutex) enfile (elt) V(SemaVide) V(Mutex) | P(SemaVide) P(Mutex) elt = defile () V(SemaPlein) V(Mutex) | P (Mutex) P(SemaVide) enfile (elt) V(SemaPlein) V(Mutex) | P(Mutex) P(SemaPlein) elt = defile () V(SemaVide) V(Mutex) |

P(sema) signifie prendre le sémaphore **sema**.

V(sema) signifie libérer le sémaphore **sema**.

Question D.2.4

Indiquez quelle version de pseudo code pour les fonctions **envoie** & **retire** est la bonne en justifiant le dysfonctionnement des 2 autres.

Question D.2.5

Indiquez la valeur avec laquelle est initialisée le sémaphore d'exclusion mutuelle

- ☐ On donne des exemples des classes **C++** utiles en **annexe 5**.
- ☐ Les débits de référence à appliquer aux groupes et donnés en **annexe 2** sont chargés en mémoire depuis un fichier de type **texte** dans le membre **table** de l'objet **combinaison** dont on donne ci-dessous la déclaration ; celui-ci est un vecteur de Lignes.

```
const int NBGROUPES=6 ;
```

```
struct Ligne {  
    int    debitGroupe[NBGROUPES];  
    double puissance;  
};
```

```
typedef std::vector<Ligne> Page; // table de lignes de combinaisons = 1 page
```

```
class CCombinaison
```

```
{  
private :  
    int    nbPages; // nombre de pages du fichier des débits  
    Page   *table;  // table de pages  
.....  
};
```

Question D.2.6

Complétez la méthode **chargesPages** de la classe **CCombinaison**.

La méthode **combinaisonAdjacente** permet à partir d'une combinaison courante de type **Ligne** (voir ci-dessus), de chercher une autre combinaison qui ne diffère que d'un groupe (voir **B2**) dans le membre **table** de l'objet **combinaison**.

Pour accéder au débit du groupe **noGroupe** de la ligne **noLigne** de la page **noPage**, on utilisera la notation :

```
table[noPage][noLigne].debitGroupe[noGroupe]...
```

Question D.2.7

Complétez la méthode **combinaisonAdjacente** de la classe **CCombinaison**.

E.COMMUNICATION ET RESEAUX

E.1 MODBUS.

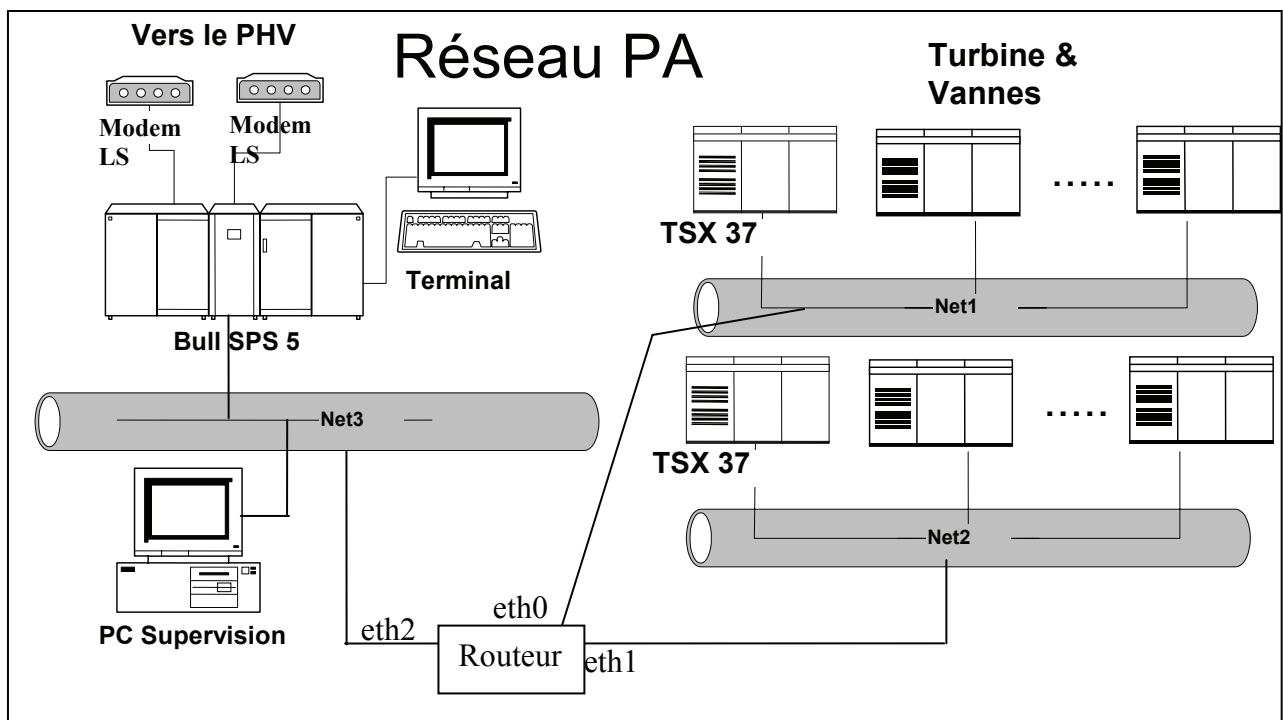
Un réseau Modbus relie le calculateur BULL et les API. La liaison est de type série RS485. Le BULL est maître du bus, les API en sont les esclaves.

Question E.1.1

Dans la configuration présente le réseau Modbus peut-il supporter le nombre d'esclaves ? Justifiez votre réponse.

E.2 Réseaux du P.A.

On désire remplacer le réseau Modbus par un réseau TCP/IP et la console de supervision par un ordinateur de type PC sur lequel se fera la supervision du système. L'architecture voulue du futur réseau est représentée sur la figure suivante.



Pour des raisons de sécurité, les automates sont dédoublés, ainsi chaque groupe est contrôlé par 2 automates, soit un total de 12 automates nommés API-1 à API-12. Le réseau est lui aussi dédoublé, les automates dont le numéro est impair sont connectés au réseau nommé "net1" et les automates dont le numéro est pair sont connectés au réseau nommé "net2". Le réseau "net3" relie le calculateur BULL et le PC de supervision. Les trois réseaux sont connectés entre eux par un routeur disposant de 3 interfaces réseaux (eth0, eth1 et eth2).

L' "adresse réseau" est **192.168.1.0**.

Question E.2.1

Quelle est la classe de cette adresse ? Justifiez votre réponse.

Pour cette adresse réseau, quelle est le "masque réseau" par défaut ?

Quelle est l'adresse de diffusion (broadcast) de ce réseau ?

Pour réaliser l'architecture réseau présentée ci-dessus, on crée 3 sous réseaux.

Question E.2.2

D'après le schéma réseau sur la page précédente, quel est le nombre de machines présentes sur le sous-réseau "net1" ?

En tenant compte de l'adresse réseau et de l'adresse Broadcast, combien de bits d'adresse seront nécessaires pour la partie "adresse machine" de l'adresse IP ?

Combien de bits d'adresse restent ils pour la partie "adresse sous-réseau" de l'adresse IP ?

Justifiez vos réponses.

On choisira finalement d'utiliser 3 bits pour l' "adresse sous réseau" et 5 bits pour l' "adresse machine".

Question E.2.3

Remplir le tableau du document réponse où :

- **adresse réseau** est l' "adresse réseau" du sous réseau
- **masque** est le "masque réseau" du sous réseau
- **broadcast** est l'adresse de diffusion du sous-réseau
- **adresse mini** est l'adresse minimum que peut avoir un équipement dans ce sous-réseau
- **adresse maxi** est l'adresse maximum que peut avoir un équipement dans ce sous-réseau

Question E.2.4

Proposer un plan d'adressage pour l'ensemble du réseau PA.

E.3 Composition des API

Les API sont composés de cartes :

- d'entrées et de sorties tout ou rien
- d'entrées et de sorties analogique
- de communication série RS485
- de communication Ethernet (TSX WMY 100)

Carte de communication Ethernet TSX WMY 100 permet :

- ✍ coordination entre automates programmables,
- ✍ supervision locale ou centralisée,
- ✍ communication avec l'informatique de gestion de production,
- ✍ communication avec des entrées/sorties distantes.
- ✍ messagerie UNI-TE avec l'ensemble de l'architecture X-WAY,
- ✍ messagerie Modbus.

Cette carte permet de gérer un site web embarqué qui comporte des applets java développés par Schneider et utilisables immédiatement. Le serveur web permet aussi de créer ses propres Applets.

L'étude porte sur un échanges entre un maître MODBUS (BULL) et un esclave MODBUS (API) (Trames ETHERNET TCP/IP MODBUS) :

Les trames Ethernet en annexe 6 ont été relevées à l'aide d'un logiciel de capture de trames:

Question E.3.1

Remplir les champs contenus dans le tableau du document réponse en vous aidant de l'échange « Réponse API → PC »

Question E.3.2

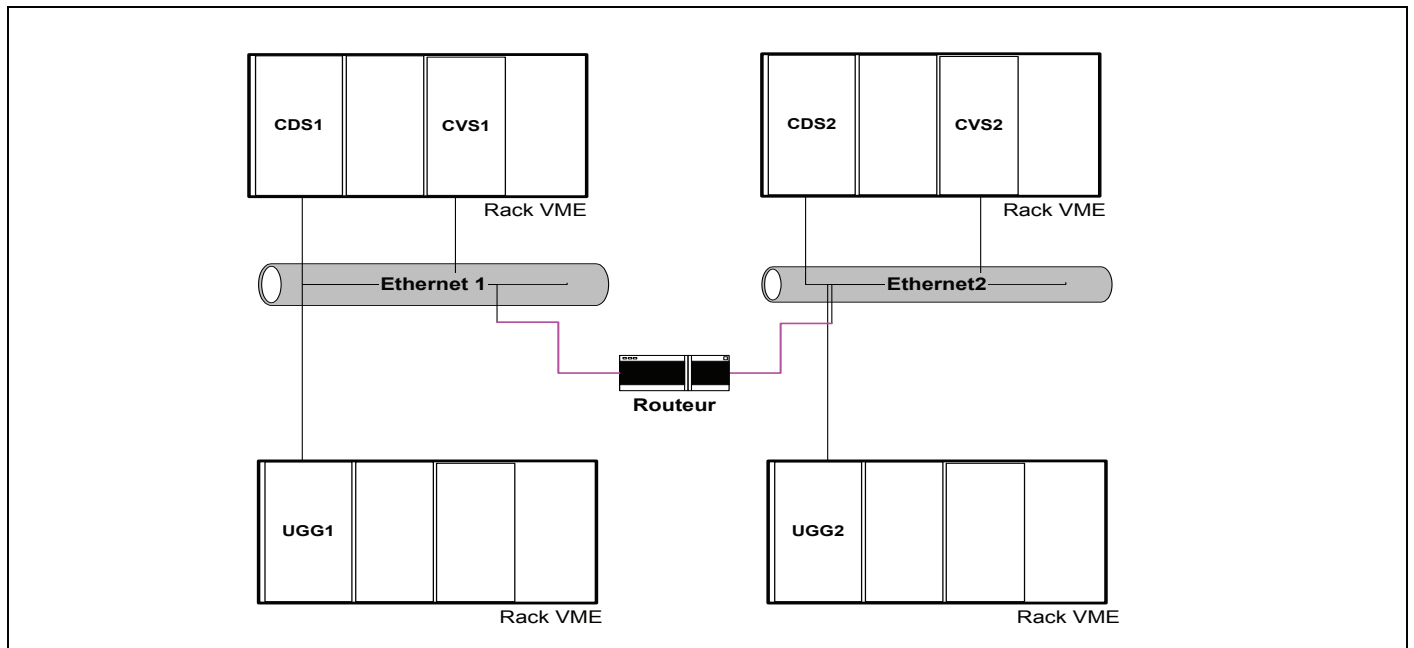
Remplir les champs contenus dans le tableau du document réponse en vous aidant des échanges PC → API et du protocole Modbus sur TCP/IP de l'annexe 6.

F. Architecture matérielle du PHV

Le PHV est constitué de :

- 2 serveurs (CDS1 et CDS2)
- 2 unités de gestion graphique (CVS1 et CVS2)
- 2 unités de gestion des liaisons (UGG1 et UGG2)

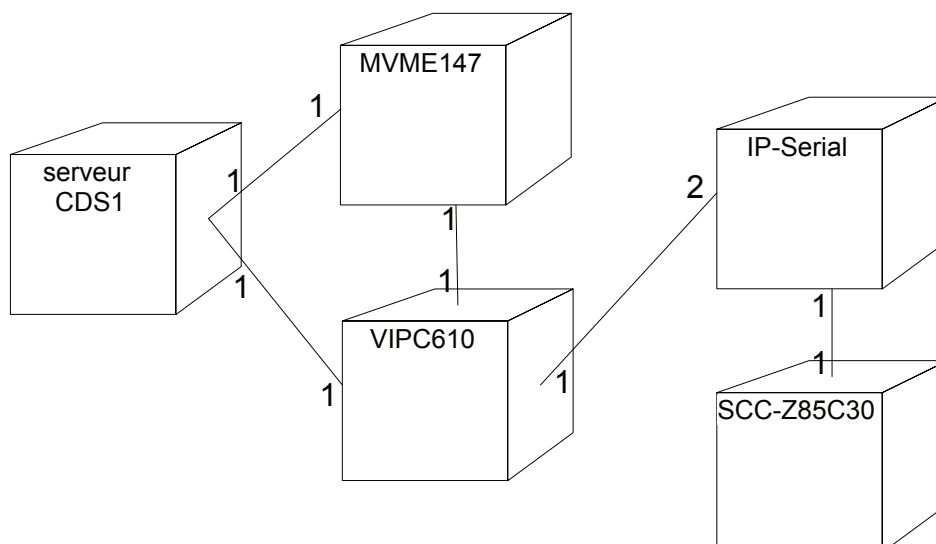
Ces 6 unités sont placées dans 4 racks VME disposés selon le schéma ci-dessous :



Dans cette partie, on ne s'intéressera qu'au serveur **CDS1**. Ce serveur est composé de :

- Une unité centrale : la **carte MVME147** (annexe 7)
- Une **carte VIPC610** (annexe 8) pouvant héberger 4 modules au standard "IndustryPack" (appelé **module IP**).
- 2 modules **IP-Serial** (annexe 9) nommé "IP-Serial-A" et "IP-Serial-B". Ces 2 modules sont installés sur la carte VIPC610. Le composant central de ce module est le **SCC-Z85C30** (annexe 10), ce circuit gère 2 ports séries. Cet ensemble permet au serveur CDS1 de disposer de 4 ports séries RS232 supplémentaires.

L'architecture du serveur CDS1 est décrite par le diagramme de déploiement suivant :



F.1. Adressage des ports série du CDS1

Le Bus VME (normes IEEE1014) offre à une carte maître (ici la carte MVME147) la possibilité d'accéder aux registres d'une carte esclave (ici la VIPC610) via 3 espaces d'adressage :

| Espace d'adressage | Nombre de bits d'adresse utilisés | Taille de l'espace adressable |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| SHORT I/O | 16 (A00 à A15)* | 64 ko |
| STANDARD | 24 (A00 à A23)* | 16 Mo |
| EXTENDED | 32 (A00 à A31)* | 4 Go |

*: le bit d'adresse A00 n'est pas présent physiquement sur le bus.

La carte VIPC610 a été configurée pour n'être accessible que dans l'espace d'adressage "SHORT I/O". La configuration de son adresse de base se fait en plaçant ou en retirant des cavaliers ("shunts") sur le connecteur E3-E7 de la carte (voir figure 1 et 2 de l'annexe 8).

Question F.1.1

Indiquer sur le tableau du document réponse où il faut placer des cavaliers pour que l'adresse de base de la carte VIPC610 soit \$F000 dans l'espace "SHORT I/O".

On place sur la carte VIPC610 les deux modules "IP-Serial". Le module "IP-Serial-A" est placé dans l'emplacement A de la carte VIPC610, le module "IP-Serial-B" est placé dans l'emplacement B.

Question F.1.2

Quelles sont les adresses de base des 2 modules "IP-Serial" ?

Chaque module "IP-Serial" est composé d'un circuit intégré SCC-Z85C30. L'annexe 9 nous informe que ce circuit est accessible par 4 registres nommés "Channel A, Control", "Channel A, Data", "Channel B, Control" et "Channel B, Data".

Question F.1.3

Quelle sont les adresses des registres du module "IP-Serial-A" dans l'espace "SHORT I/O"?

L'Application s'exécute sur la carte MVME147, le plan mémoire de cette carte est donnée dans l'annexe 7.

Question F.1.4

D'après cette annexe 7, indiquer la plage d'adresses de l'espace "SHORT I/O" du bus VME vue par une application s'exécutant sur la carte MVME147.

F.2. Configuration des ports série d'un module "IP-Serial"

Tous les ports séries seront configurés avec les paramètres suivants :

- 9600 bits/s
- 8 bits de données
- pas de bit de parité
- 1 bit "stop".

La configuration de ces paramètres se fait en écrivant des valeurs dans les registres WR0 à WR15 du SCC-Z85C30 (annexe 10). On accède à ces registres par le registre du contrôle du SCC-Z85C30 vu plus haut.

Dans les questions suivantes, on ne s'intéressera qu'aux valeurs qu'il faut écrire dans les registres WR0 à WR15, on ne s'intéressera pas à la manière d'y accéder.

La fréquence d'émission/réception (baud rate) se calcule grâce à la formule suivante:

$$TC = \text{ClockFrequency} / (2 \times \text{ClockMode} \times \text{BaudRate}) - 2$$

ou :

- TC = Time Constante (à écrire dans les registres WR12 et WR13)
- ClockMode = Prédiviseur de fréquence.
- BaudRate = débit de transmission.

La fréquence d'horloge ("ClockFrequency") reçu par le SCC-Z85C30 est de 3,6864 MHz.

Le prédiviseur ("ClockMode") se choisi parmi les valeurs 1, 16, 32, 64 grâce au registre WR4.

Question F.2.1

Le registre WR4 est initialisé avec la valeur (00xxxxxx)_B. En déduire la valeur de prédiviseur de fréquence.

Question F.2.2

Calculer la valeur de TC et en déduire la valeur qu'il faut écrire dans les registres WR12 et WR13.

Les autres paramètres de la liaison série se règlent par les registres WR4 et WR5.

Question F.2.3

Que faut-il écrire dans ces registres pour la configuration voulue (8bits de données, pas de parité, 1 bit stop) ?