

CALCULATEUR POUR PILOTE AUTOMATIQUE DE BATEAU

BILAN ECO-CONCEPTION ET
CO-DESIGN
DE SYSTEME ELECTRONIQUE EMBARQUE

M. NIRLO YANN

18/02/2009

I. Sommaire

II.	Projet pédagogique	3
1-	La pratique.....	4
2-	Progression	5
2-a	Les thèmes	5
2-b	La progression modélisée	7
3-	Objectifs.....	9
4-	Activités	13
4-a.	Travail Collaboratif en bureau d'étude	13
4-b.	Acquisition et filtrage	16
4-c.	Evaluation	18
4-d.	Architecture du circuit H8/3002	22
III.	Ressources.....	26
IV.	Conclusion	27
V.	Annexes	28
1.	Annexe 2 : Travaux d'étudiants	28

II. *Projet pédagogique*

Projet pédagogique

- Du réel au réel en passant par le modèle
- Etude de système, SHEBT
- Une taxonomie CAACAT
- Référentiel du BTS ATI

```
graph TD; A[• Du réel au réel en passant par le modèle  
• Etude de système, SHEBT  
• Une taxonomie CAACAT  
• Référentiel du BTS ATI] --> B[Calculateur pour pilote automatique de bateau]; A --> C[UML : Unified Modeling Language  
VHDL-AMS: Very high speed integrated circuit Hardware Description Language]; B --> D[Ingénierie Concurrente et éco- conception]; C --> D;
```

Calculateur pour pilote automatique de bateau

UML : Unified Modeling Language

VHDL-AMS: Very high speed integrated circuit Hardware Description Language

Ingénierie Concurrente et éco- conception

1- La pratique

Ma pratique pédagogique dans le respect des programmes officiels vise à former l'étudiant dans un contexte technologique actuel afin qu'il soit à même de s'adapter aux systèmes futurs qui n'existent peut être pas encore. Je leur montre toujours ce chemin qui va du Réel (avant) au Réel (après) en passant par les modèles que nous utilisons et que les étudiants enrichissent par ailleurs aussi dans d'autres matières. Je veux leur donner quelques clés pour aborder des systèmes complexes en leur faisant percevoir au plus tôt les interactions intimes et imbriquées entre le **S**ocial, l'**H**umain, l'**E**conomique, le **B**iologique et le **T**echnologique (le biologique prend en compte ce qu'actuellement on nomme environnement). Les points de vue SHEBT sont alors constamment utilisés dans leur approche des systèmes pluri technologiques et complexes et dans leur travail des compétences à acquérir en tant que technicien supérieur.

Je m'appuie sur la taxonomie CAACAT pour faire travailler aux étudiants leurs capacités. Cette taxonomie leur permet d'avoir des critères pour maîtriser leur formation pendant mon enseignement. **Constater, Appréhender, Analyser, Comprendre, Approprier, Transférer** sont les points de cette taxonomie. « Monsieur, je ne comprends pas ! » trouve avec le CAACAT un moyen de cerner au mieux les problèmes. Comprendre est un verbe de quatrième niveau dans le CAACAT et complètement mentaliste issu d'un constat de l'étudiant, il sait avec le CAACAT préciser et je peux l'aider pertinemment soit sur les éléments manquants à son appréhension, soit en lui apportant des outils d'analyse qui lui ferait défaut ou bien corriger ses propres méthodes. Evidemment s'il n'y a pas au préalable de problèmes au niveau de ses sens récepteurs, dans ce cas j'améliorerai mes outils de communication à son handicap.

Je procède à plusieurs types d'évaluation des étudiants. Au cours des activités de travaux pratiques ils sont soumis à de l'évaluation formative avec étayage permanent de ma part, si nécessaire, pour réussir l'activité. Leur compte rendu d'activité me permet de repérer leur position

par rapport au CAACAT et ce compte rendu personnel est un point de traçabilité dans le cursus de formation sur les deux années. Je réalise à la fin d'une période une évaluation sommative marquant le point de passage à d'autres thèmes d'études et cristallisant certains acquis. Au cours des deux années l'équipe pédagogique soumet les étudiants à des évaluations normatives d'entraînement aux épreuves réelles de la fin de seconde année.

Le système calculateur pour pilote automatique de bateau a une forte potentialité pour une approche SHEBT. De plus avec l'UML et le VHDL-AMS Le SHEBT dispose d'outils de mise en œuvre. Les savoirs associés du génie électrique dans le programme de la section Brevet de Technicien Supérieur Assistance technique d'Ingénieur sont largement supportés par le système.

2- Progression

Je place le système en première année de BTS ATI. J'ai un effectif de 32 étudiants pour les phases de présentation, lancement, évaluation et synthèse. Les activités de travaux pratiques se déroulent avec un effectif de 16 et cela par groupe de deux étudiants. Mon laboratoire jouxte et communique avec le laboratoire de génie mécanique. Nous disposons de postes informatiques avec les logiciels ISIS, AUTOMGEN, hAMSter, FLOWCODE, Pack bureautique, XRelais, PSIM, BOUML, JUDE

2-a Les thèmes

Je conçois l'approche des thèmes suivants au travers de ce système.

Thème 1 : Etude du système pour mettre en perspective l'ensemble d'éléments en interactions, organisé, répondant à un besoin, identifiable par une frontière, consommant de l'énergie et ayant une dynamique.

- Présentation magistrale 1 H
- Travaux Pratiques 6 H
- ✓ Approche du système et validation du besoin au travers des cas d'utilisation, 2H
- ✓ Analyse Carbone du produit, 2H
- ✓ Mise en œuvre du système, 2H
- Synthèse et évaluation 1 H

Thème 2 : Etude des méthodes de travail et solutions constructives

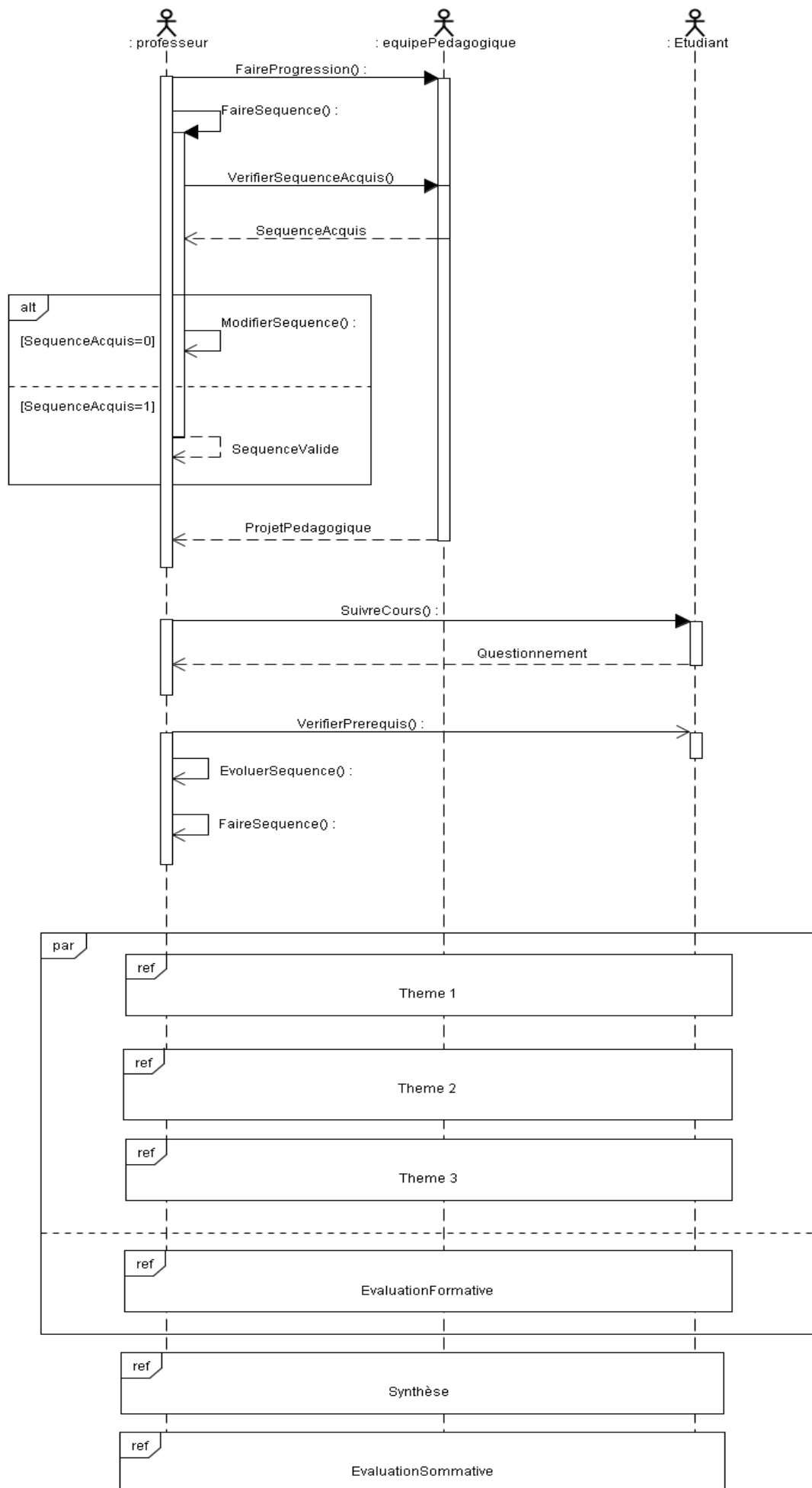
- Lancement des activités 1 H
- Travaux pratiques 10 H :
 - ✓ Travail collaboratif en bureau d'étude, 4H
 - ✓ Chaîne de traitement des données :
 - Mise en œuvre de la conversion analogique par un microcontrôleur, 2H
 - Acquisition et filtrage des informations, 2H
 - Mise en œuvre VHDL-AMS pour réaliser une structure type NE555, 2H
- Travaux dirigés 2 H :
 - ✓ La conception des PCB, devis de réalisation made in China.
- Synthèse et évaluation 2H

Thème 3 : Les enjeux de l'électronique embarquée

- Présentation magistrale 1 H
- Travaux pratiques 10 H :
 - ✓ Chaîne énergétique :
 - Mise en œuvre d'une énergie renouvelable à éolienne, 2H
 - Mise en œuvre d'une énergie renouvelable photovoltaïque, 2H
 - La gestion de l'énergie par le système et production de la haute tension, 2H
 - Essais et mesures de la MLI pilotant l'étage de sortie, 2H
 - ✓ Chaîne traitement de l'information :
 - Décodage et adressage des circuits par le microcontrôleur, 2H
- Travaux dirigés 4 H :
 - ✓ Architecture du circuit H8/3002 et des microcontrôleurs, 2H
 - ✓ La communication entre les systèmes matériels, 2H
- Synthèse et évaluation 2 H

2-b La progression modélisée

La progression se décline en séquence qui montre la prise en compte des prérequis utiles à la réalisation des activités par les étudiants.



3- Objectifs

Pour valider la faisabilité d'une action de formation basée sur le système calculateur de pilote automatique il faut faire le lien entre les savoirs associés et des objectifs opérationnels propres à l'étude du système.

Savoirs associés	Objectifs
S81 : Les interfaces électroniques	
S811 : Convertisseurs <ul style="list-style-type: none"> ✓ Convertisseur analogique-digital ✓ Convertisseur digital-analogique 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etre capable d'identifier les différentes technologies de CAN présentes dans le système. ✓ Etre capable de mettre en œuvre une CAN d'un microcontrôleur.
S812 : Conformateurs <ul style="list-style-type: none"> ✓ Dispositifs mémorisateurs ✓ Dispositifs à seuils ✓ Adaptateurs de niveaux logiques. 	Etre capable de caractériser par simulation le dispositif autour du condensateur C36, dans la chaîne d'acquisition du compas.
S813 : Filtres <ul style="list-style-type: none"> ✓ Filtres R, L, C ✓ Filtres numériques ✓ Filtres actifs 	Etre capable par simulation de caractériser les filtres de la chaîne d'acquisition du capteur de barre (schéma S2).
S814 : Adaptateurs de signaux <ul style="list-style-type: none"> ✓ Coupleurs optiques (opto-coupleurs) ✓ Transformateurs d'impulsions ✓ Sonde à effet hall 	Etre capable de choisir en vue de leur remplacement les opto-coupleurs du système.
S815 : Modulateurs <ul style="list-style-type: none"> ✓ D'amplitude ✓ De fréquence ✓ Boucle à verrouillage de phase ✓ Boucle de courant 	Etre capable de relever les signaux MLI pilotant le pont en H.
S816 : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Logiciel de simulation analogique et numérique 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etre capable de simuler temporellement sous hAMSter en utilisant un langage descriptif. ✓ Etre capable en régime harmonique

	sous ISIS en utilisant un langage schématique.
S82 : les récepteurs électroniques	
S821 : Convertisseurs sonores <ul style="list-style-type: none"> ✓ Haut-parleurs ✓ Enceintes acoustiques 	
S822 : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Diode électroluminescente ✓ Afficheurs ✓ Afficheurs à cristaux liquides 	Etre capable de choisir et de remplacer les leds 1, 2, 3 du schéma S5
S83 : Les composants électroniques	
S831 : Composants passifs <ul style="list-style-type: none"> ✓ Résistifs ✓ Capacitifs ✓ Inductifs 	Etre capable de caractériser les composants de la chaîne d'acquisition du capteur de barre.
S832: composants actifs <ul style="list-style-type: none"> ✓ Composants intégrés de logique binaire, <ul style="list-style-type: none"> • Opérateurs logiques et arithmétiques • Compteurs, • Multiplexeurs, décodeurs, • Mémoires, • Circuits de logique programmable (PAL, Microcontrôleur), ✓ Composants intégrés analogiques, <ul style="list-style-type: none"> • Amplificateurs opérationnels, • Comparateurs, • Régulateurs de tension, • Timers,... ✓ Semi-conducteurs : 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etre capable d'identifier dans le schéma synoptique interne du composant H8/3002 issu de la documentation constructeur l'organisation d'un microcontrôleur. ✓ Etre capable d'identifier et de caractériser les différentes technologies de mémoire présentes sur le système
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etre capable de caractériser la fonction Comparateur autour du circuit LM 311 du schéma S2. ✓ Etre capable de caractériser la fonction amplification autour du circuit LM 358 du schéma S3

<ul style="list-style-type: none"> • Transistors petits signaux, • Transistors à effet de champ, • Transistors de puissance bipolaire et MOS, • Diodes • Thyristors et triacs, ... <ul style="list-style-type: none"> ✓ Dissipateurs, ✓ Résonateur. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etre capable d'identifier les différentes technologies de transistors présentes sur le système. ✓ Etre capable de choisir un transistor de puissance pour le pont en H (schéma S5).
S84 : Les normes	
S841 : Normes et conventions relatives : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aux règles d'exécution des installations, ✓ Repérage des circuits, ✓ Outils de représentation graphique ✓ Règles d'exécution des schémas 	Etre capable d'exécuter les schémas dans le cadre d'un travail collaboratif.
S842 : Logiciels de DAO	Etre capable d'établir un document technique avec le logiciel ISIS.
S91 : Les systèmes programmables	
S911 : Structure des systèmes <ul style="list-style-type: none"> ✓ Système d'exploitation mono tâches ou multitâches. ✓ Composants matériels d'un système automatique ✓ Normes et standards d'échanges ✓ Normes et standards logiques 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etre capable de décoder le schéma de déploiement du système. ✓ Etre capable de caractériser par mesure les signaux échangés entre le GPS et le système.
S912 : Outils de description logique <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fonctions logiques 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etre capable de déterminer les équations logiques permettant la sélection des différents circuits. ✓ Etre capable d'écrire et simuler les fonctions logiques grâce au VHDL et un le logiciel adapté.
S913 : Outils de programmation	Etre capable de programmer sous Flowcode le traitement de la commande PWM.
S101 : Analyse des systèmes existants	
S1011 : Etude fonctionnelle et structurelle des systèmes	Etre capable de donner les cas d'utilisation du système.
S1012 : Analyse technologique	Etre capable d'appréhender les contraintes

	économiques et environnementales du système.
S1013 : Evaluation des performances	Etre capable de mettre en œuvre le système du laboratoire et vérifier le mode de marche CAP
S1014 : Rédaction d'une notice technique	✓ Etre capable de mettre sous forme de diagramme de séquence la procédure de réglage à quai. ✓ Etre capable de réaliser les schémas

Le système est donc porteur de valeurs ajoutées dans les savoirs. Les compétences d'un technicien supérieur en Assistance Technique d'Ingénieur doivent pouvoir s'exprimer et se travailler sur le système étudié et j'ai recensé les compétences ci-après.

- ✓ C71 Mettre en œuvre des postes d'essais et mesures
- ✓ C6 Organiser et suivre
 - Un projet
 - La qualité
 - La maintenance
 - La sécurité
 - La qualité
- ✓ C55 Etablir et rédiger un compte rendu de réunion
- ✓ C54 Etablir et rédiger un devis
- ✓ C51 Etablir et rédiger un cahier des charges
- ✓ C52 Etablir et rédiger une notice technique
- ✓ C42 Déterminer les performances d'un système par l'expérimentation
- ✓ C41 Déterminer les performances d'un système par le calcul
- ✓ C31 Concevoir ou modifier une solution technique
- ✓ C2 Analyser un document technique, une solution technique, une norme, un protocole d'essais.

- ✓ C14 Dialoguer avec fournisseurs, utilisateurs, clients, personnels
- ✓ C13 Présenter oralement un document
- ✓ C12 Participer à la veille technologique
- ✓ C11 Rechercher et trier des informations pour mettre à jour une base de données ou une bibliothèque

4- Activités

Je vous propose de présenter deux activités du thème 2, une évaluation du thème 1, une activité du thème 3. Les extraits des travaux étudiants sont en annexe 2.

4-a. Travail Collaboratif en bureau d'étude

Mes intentions pédagogiques pour la Conception en travail collaboratif sont de faire percevoir:

- ✓ Identification des documents réalisés pour permettre le suivi
- ✓ Utilisation des mêmes codes et langages
- ✓ Documentation de toutes nouvelles méthodes et nouveaux codages, hors de la culture commune partagée.

Préconditions :

- Utilisation de l'outil informatique
- Reconnaître le schéma des composants de base

Postconditions :

- L'étudiant sait placer un composant ou en créer un
- L'étudiant sait rappeler le composant qu'il a créé dans la bibliothèque
- L'étudiant reconnaît de nouveaux composants
- L'étudiant sait documenter son schéma en vue de le laisser à une autre équipe
- L'étudiant sait s'adapter au sein d'une équipe de conception

BTS ATI 1	Système Calculateur Pilote	Travaux pratiques
Thème 2	Travail Collaboratif en bureau d'étude	Tp21

Problématique :

Mise à jour d'un même dossier technique par des techniciens répartis sur des sites différents de l'entreprise.

Compétences :

C52 : Etablir et rédiger une notice technique.

C11 : Mettre à jour une base de données.

Objectifs :

Etre capable de faire un schéma structurel à l'aide de l'outil CAO ISIS à partir de schéma constructeur papier.

Savoirs associés : S1014, S84, S832

Durée : 4 H

Critères d'évaluation :

Choix de l'espace de travail.

Choix des composants normalisés.

Placement des composants

Création de composant n'existant pas en bibliothèque.

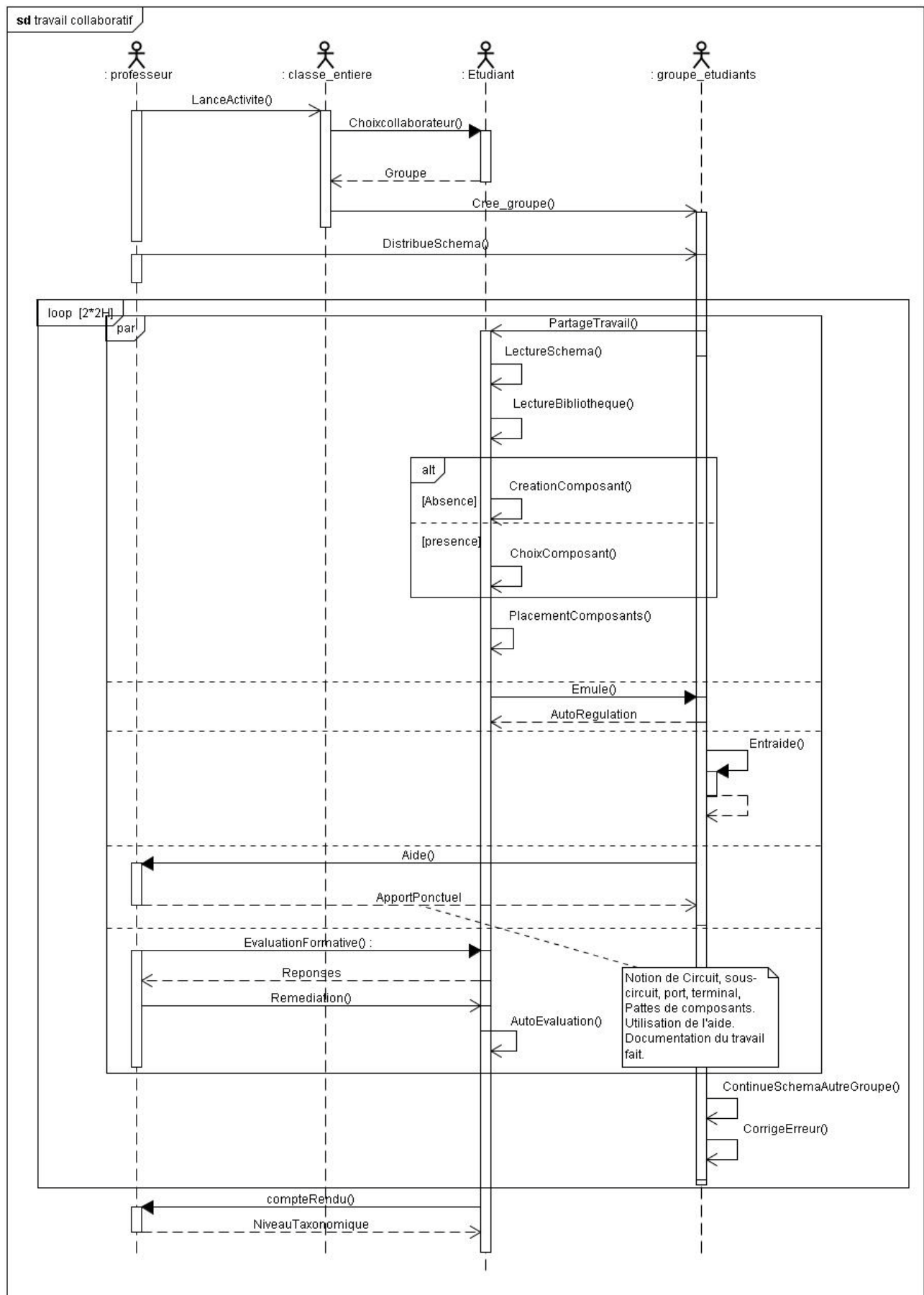
Qualité du compte rendu détaillé, en démarche et comprenant le résultat du travail final.

Travail à faire :

PHASE 1 : Réaliser le schéma du calculateur qui vous est fourni en début de séance grâce au logiciel ISIS. Les composants devront être ceux de la base de données du Logiciel s'ils existent, sinon ils seront créés et placés en bibliothèque USER.

PHASE 2 : Réaliser le schéma du calculateur commencé dans la phase précédente par un autre groupe grâce au logiciel ISIS.

Rendre compte numériquement de son activité.



4-b. Acquisition et filtrage

Préconditions :

- Outil Mathématiques, le logarithmique en base 10, les nombres complexes.
- Outil Physique, notion de fonction de transfert, tracé en axes semilog.
- Outil Bureautique, couper coller et mise en page.
- Outil Génie électrique, le logiciel ISIS pour la schématisation

Postconditions :

- L'étudiant sait choisir un graphique ACSWEEP
- L'étudiant sait choisir et placer des PROBES de Tension
- L'étudiant sait utiliser le vidéo projecteur pour communiquer oralement
- L'étudiant reconnaît les courbes caractéristiques en gain et en phase, d'un filtre passe bas
- L'étudiant sait récupérer une partie d'un schéma à simuler dans un fichier existant
- L'étudiant sait simuler avec le logiciel ISIS

BTS ATI 1	Système Calculateur Pilote	Travaux pratiques
Thème 2	Acquisition et filtrage des informations	Tp222

Problématique :

Dans un bureau d'étude il est demandé suite à une modification de déterminer et valider les performances d'une structure.

Compétences :

C2 : Analyser un document technique, une solution technique, une norme, un protocole d'essais.

C42 : Déterminer les performances d'un système par l'expérimentation.

C13 : Présenter oralement un document

Objectifs :

Etre capable de caractériser par simulation la fonction de transfert de la structure de filtrage, connecteur PL8:2 du schéma S2 pour l'acquisition de REF Compas, à l'aide de l'outil ISIS.

Savoirs associés : S1013, S813, S816

Durée : 2 H

Critères d'évaluation :

Choix des composants normalisés.

Placement des composants.

Choix des sources.

Choix des sondes et des graphes.

Qualité du compte rendu détaillé, en démarche et comprenant le résultat du travail final.

Travail à faire : Avec le Logiciel ISIS

Récupérer sur le schéma S2 la structure C34, R43, C28, D4 sur connecteur PL8:2.

Simuler l'apparition de perturbations de tensions alternatives, « à gauche de la structure » puis « à droite » pour donner les courbes de gain et de phase de la fonction de transfert de la structure.

Préciser le rôle des composants.

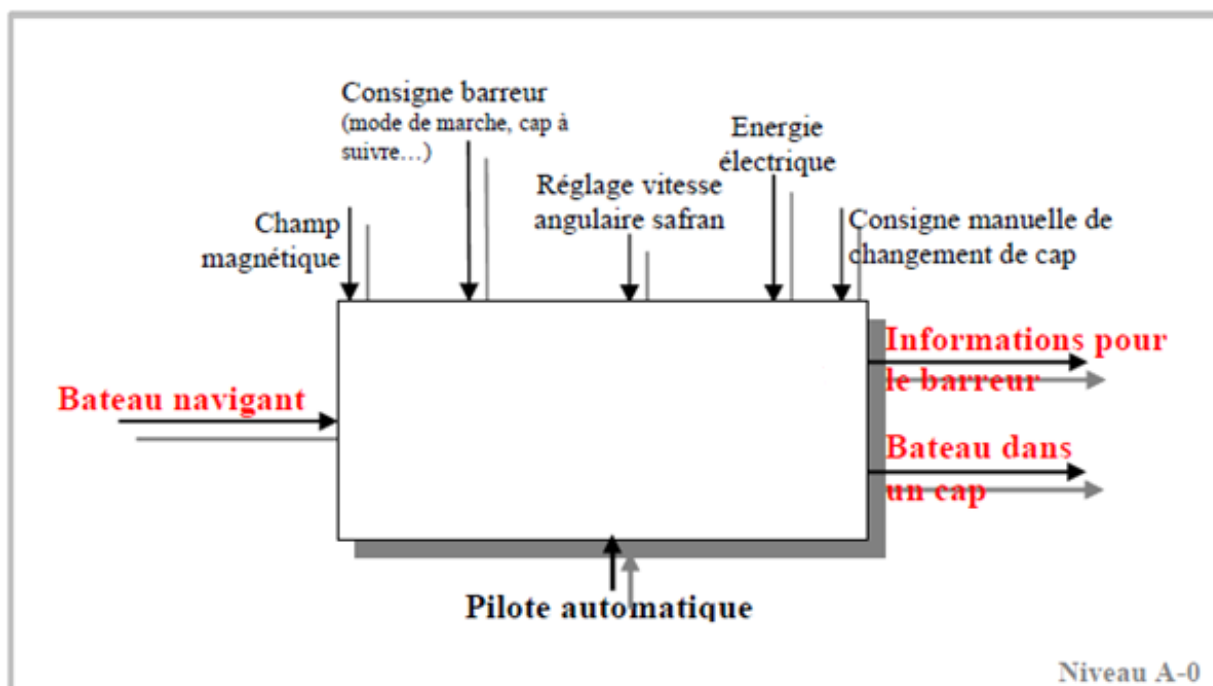
Rendre compte numériquement de son activité.

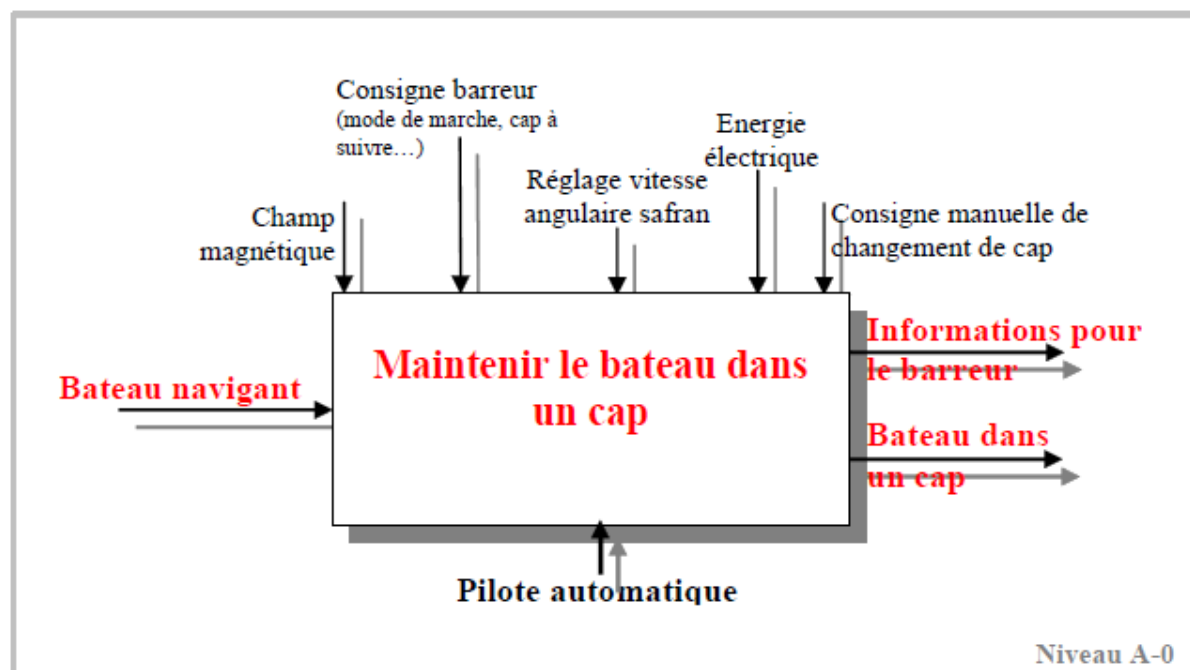
Présenter son travail à la classe.

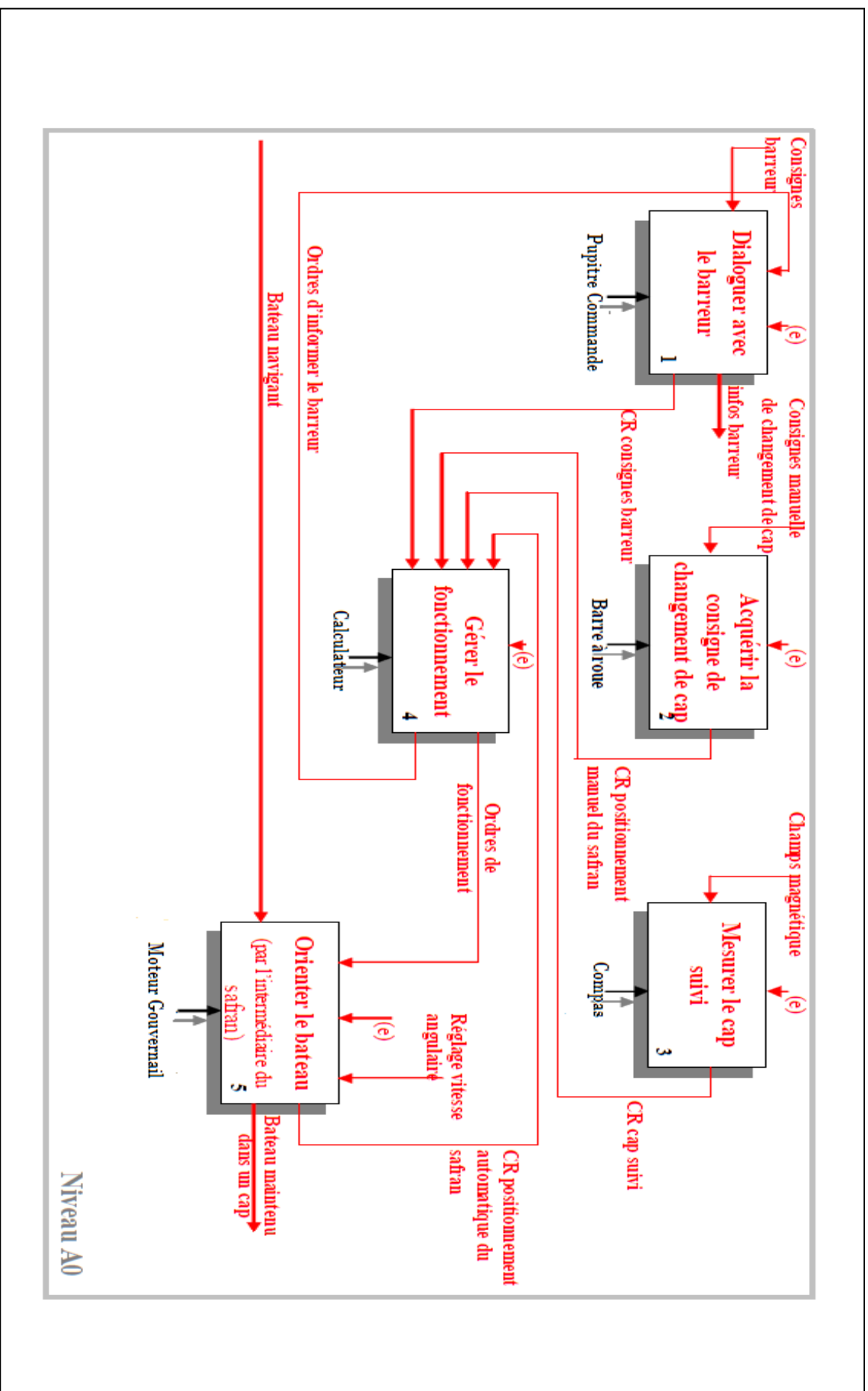
4-c. Evaluation

BTS ATI 1	Système Calculateur Pilote	30 mm
Evaluation	Etude système	EV1

Compléter les blocs fonctionnels suivants :







4-d. Architecture du circuit H8/3002

BTS ATI 1	Système Calculateur Pilote	Travaux dirigés
Thème 3	Architecture du circuit H8/3002	TD31

Problématique :

Participer à la veille technologique sur les processeurs, au sein d'une entreprise.

Compétences :

C2 : Analyser un document technique, une solution technique, une norme, un protocole d'essais.

C12 : Participer à la veille technologique

Objectifs :

Etre capable d'identifier un processeur et ses périphériques, afin de faire un choix en vue de son remplacement.

Savoirs associés : S1011, S911, S832

Durée : 2 H

Critères d'évaluation :

Identification des bus d'un processeur,

Architecture de base autour d'un microcontrôleur

Configuration du processeur

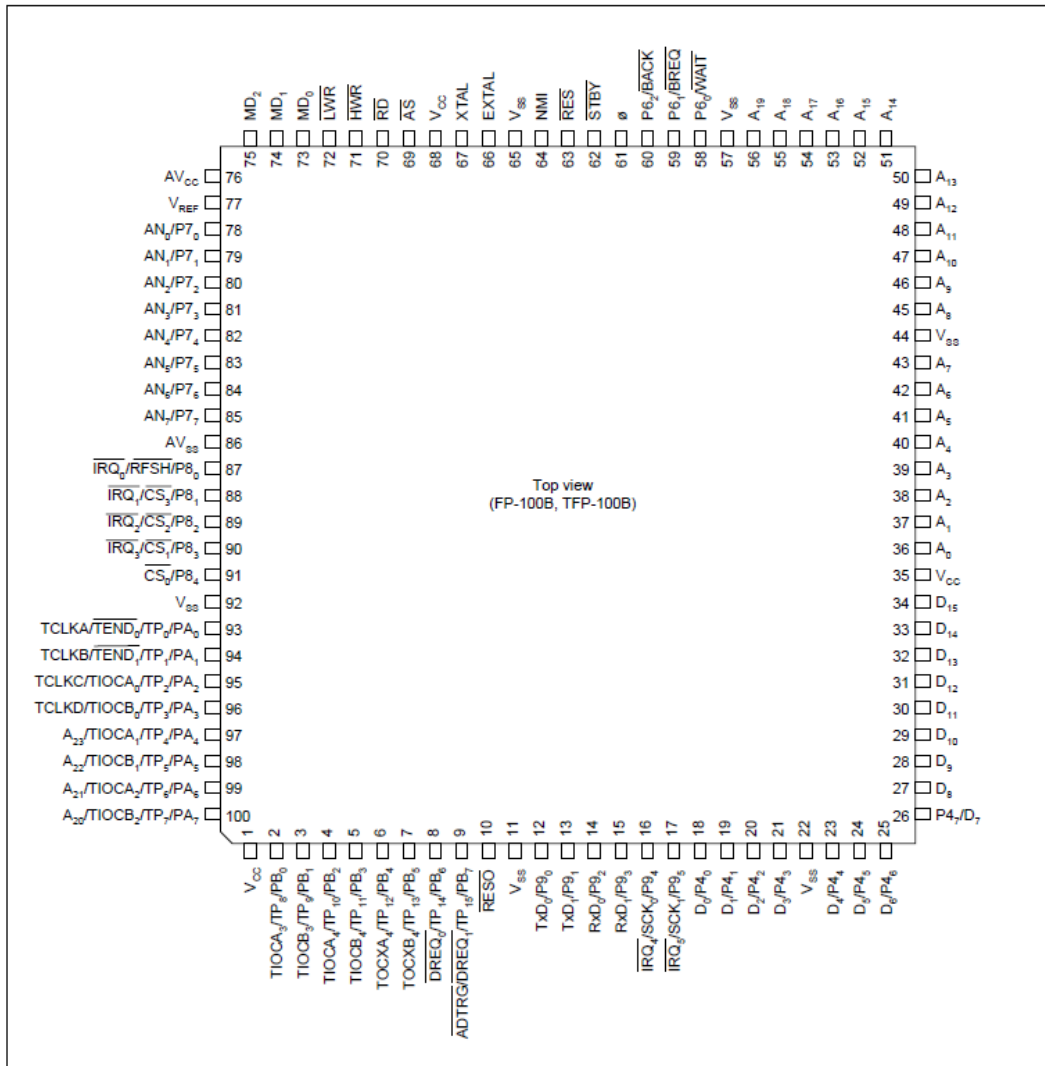
Famille des circuits intégrés de très haute intégration

Travail à faire :

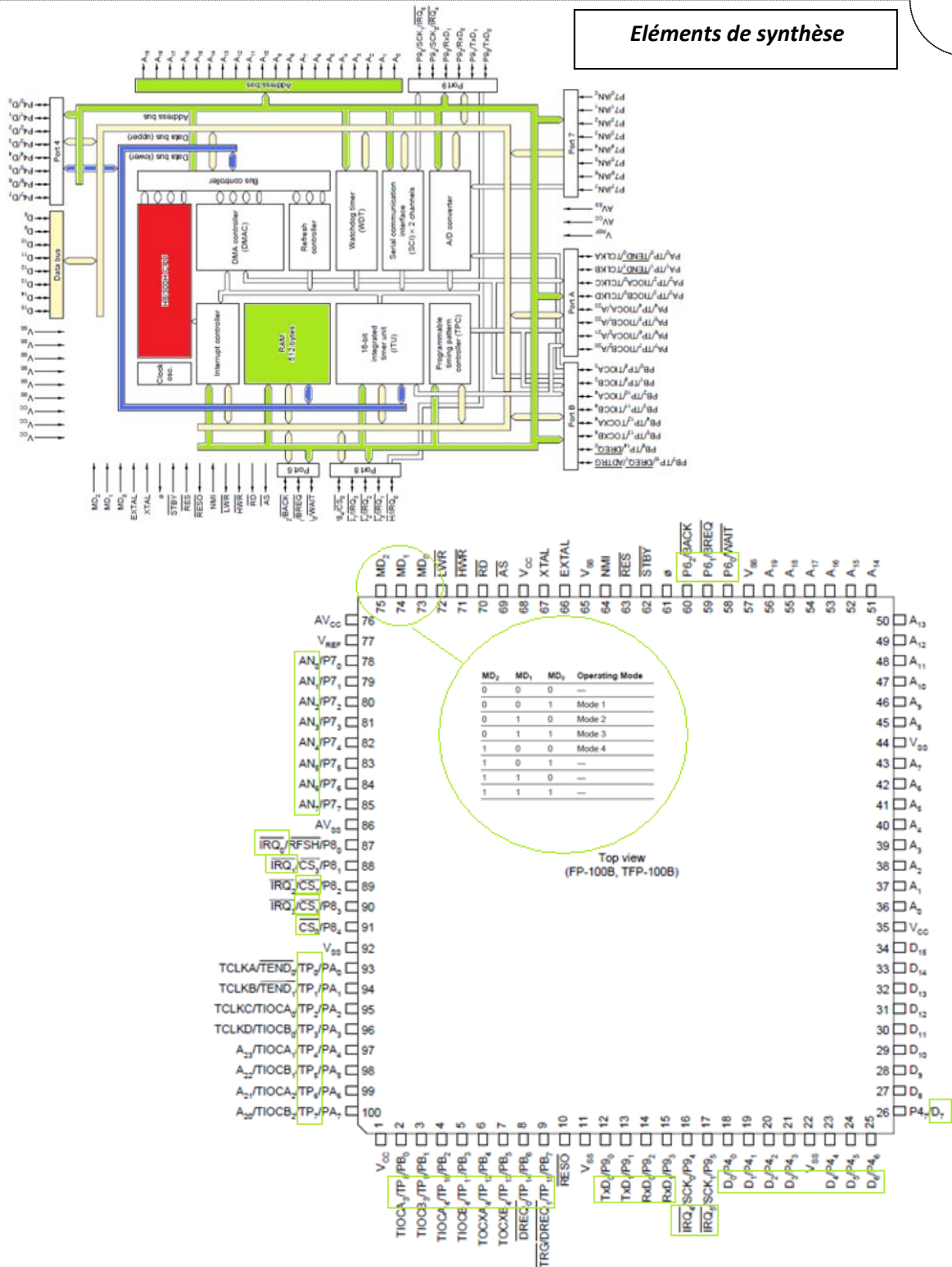
Mettre en évidence sur le schéma bloc suivant les bus de données, d'adresses, ainsi que Le cœur processeur et la mémoire.

Préciser sur le schéma du boîtier les entrées sorties réellement utilisées, et donner le mode de fonctionnement du circuit dans le système en s'appuyant sur la documentation du H8.

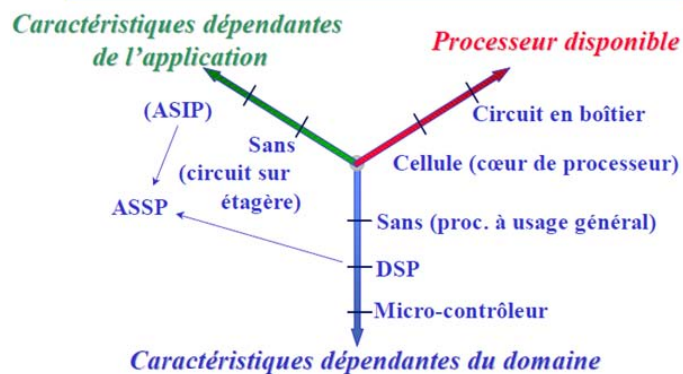
S'informer sur les types de circuits de très hautes intégrations.



Éléments de synthèse



Classification des processeurs



III. Ressources

Les ressources suivantes m'ont été utiles à la rédaction de ce dossier :

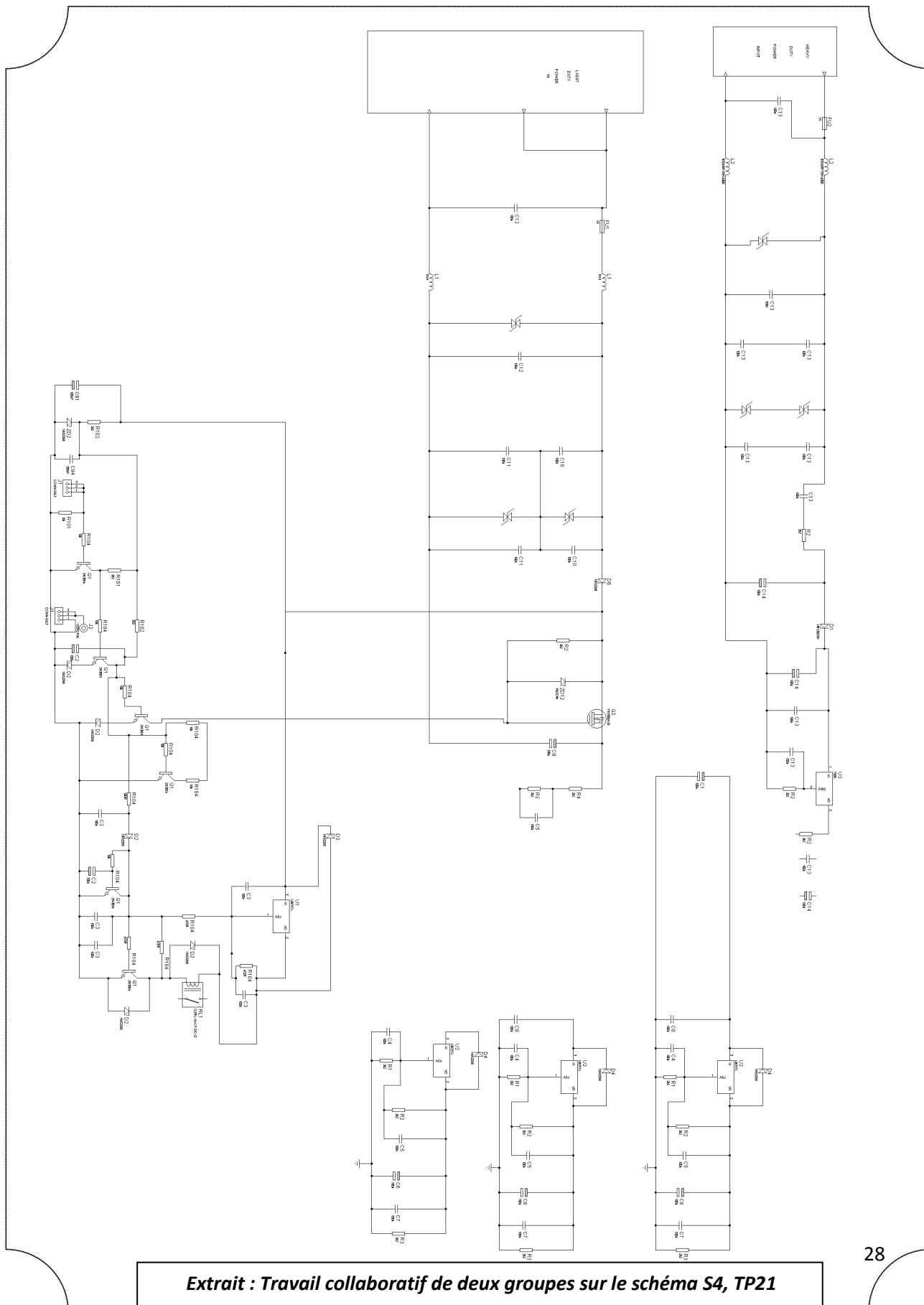
- Equipes pédagogiques des sections de BTS ATI, IRIS et SE du lycée Roland Garros du Tampon Académie de La Réunion.
- Equipe de collègues formateurs de la préparation à l'agrégation génie électrique option B de l'Académie de la Réunion.
- Mes étudiants de BTS ATI 1 et 2.
- Concours Général des lycées 2007 STI Génie Electrique.
- <http://www.ohlson38.de>.
- Documentations : Cetrek.Autopilot, Cetrek.Compass.Manual, Cetrek.Installation.Manual, Cetrek.Rudder.Feedbackunit.
- Logiciels :
 - BOUML de M. Bruno PAGES, <http://bouml.free.fr>
 - JUDE community 5.5b1, <http://jude.change-vision.com>
 - hAMSter de Ansoft Corporation
 - SystemVision Educational 5.3 de Mentor.graphics
 - Microsoft Office partenariat Education Nationale
- Cours de C E M de M. Jacques Cuvillier.
- H8/3002 Hardware manual Renesas
- *Bilan Carbone*®
 - (Entreprises et Collectivités : GUIDE DES FACTEURS D'EMISSIONS Version 5.0 Calcul des facteurs d'émissions) ADEME 2007
- *Bilan Carbone*®
 - (Entreprises et Collectivités : Complément au GUIDE DES FACTEURS D'EMISSIONS v 5.0 pour les DOM, la Corse et la Nouvelle Calédonie) ADEME 2008
- Manuel Utilisateur - Tableur Analyse Carbone du département STI du Lycée Marc Bloch de Bischheim (67)

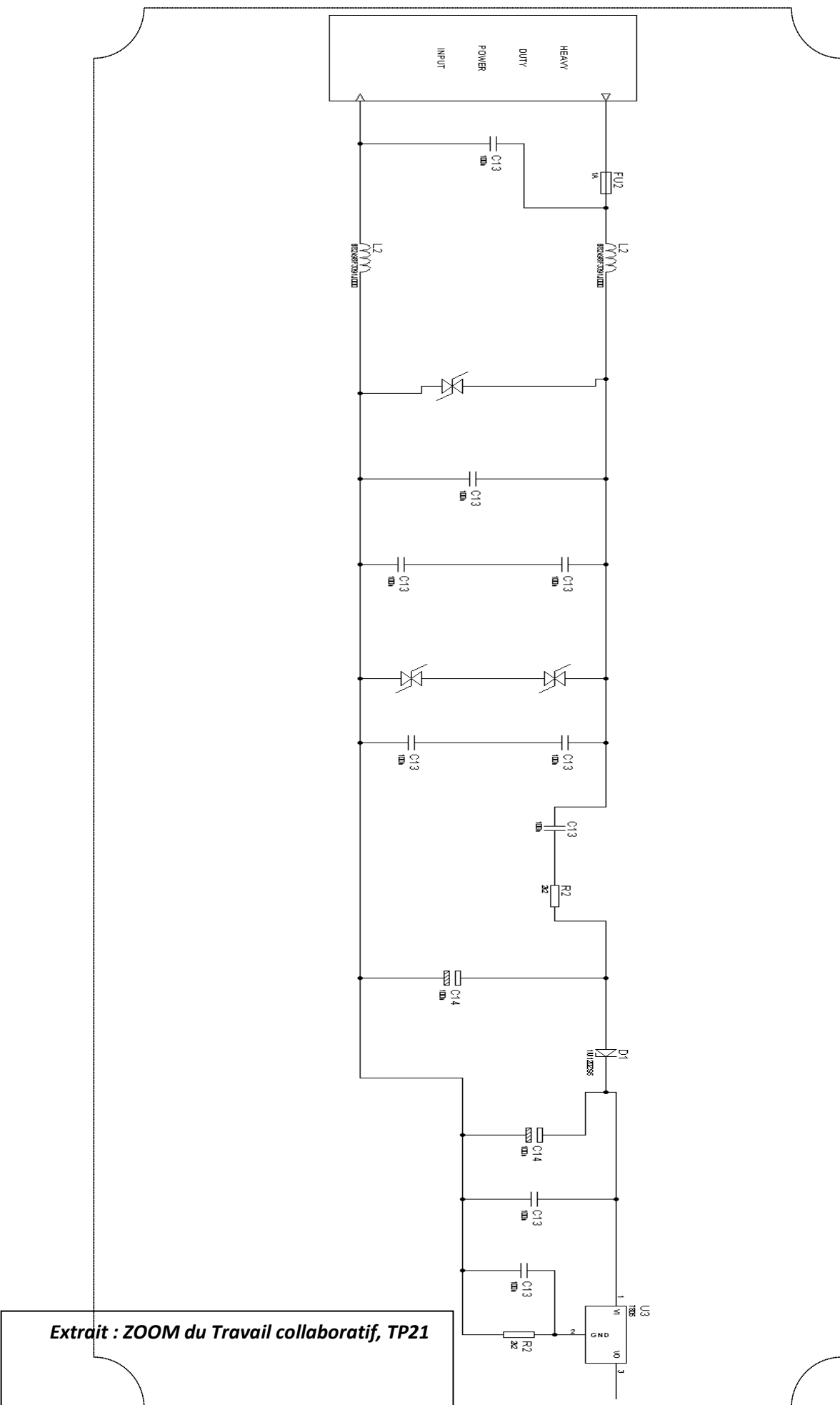
IV. Conclusion

Il a été présenté au travers du système Calculateur, ce qui me semble être l'électronique d'aujourd'hui. Mon enseignement s'est nourri du Co-design et de la prise en compte de System On Chip. Je fais une approche de la mondialisation de ce que l'on nomme les « Made in China » et je sensibilise mes étudiants aux nécessaires normalisations environnementales de l'éco-conception. Les Fondamentaux de l'enseignement du génie électrique sont revus avec de nouvelles perspectives et cela me passionne. L'utilisation d'outils tels l'UML et le VHDL-AMS repousse encore plus loin nos capacités à entrevoir et concevoir des systèmes complexes. Mes étudiants peuvent sur ce système aborder les points clés de leur formation concernant la chaîne de traitement de l'information et je couvre les compléments pour la chaîne énergétique avec d'autres systèmes.

V. Annexes

1. Annexe 2 : Travaux d'étudiants





Extrait : ZOOM du Travail collaboratif, TP21

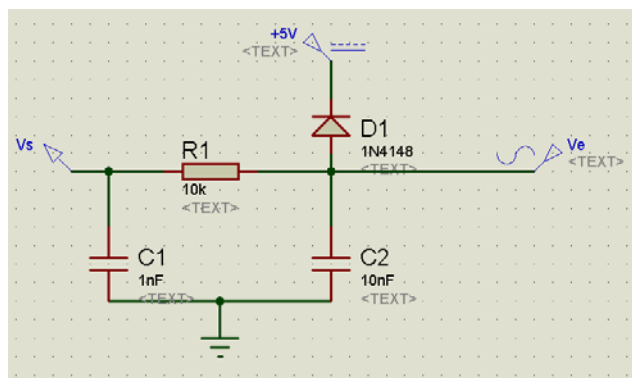
ETUDE du schéma « Entrée à droite »

Extrait : Simulation structure s de filtrage, TP222

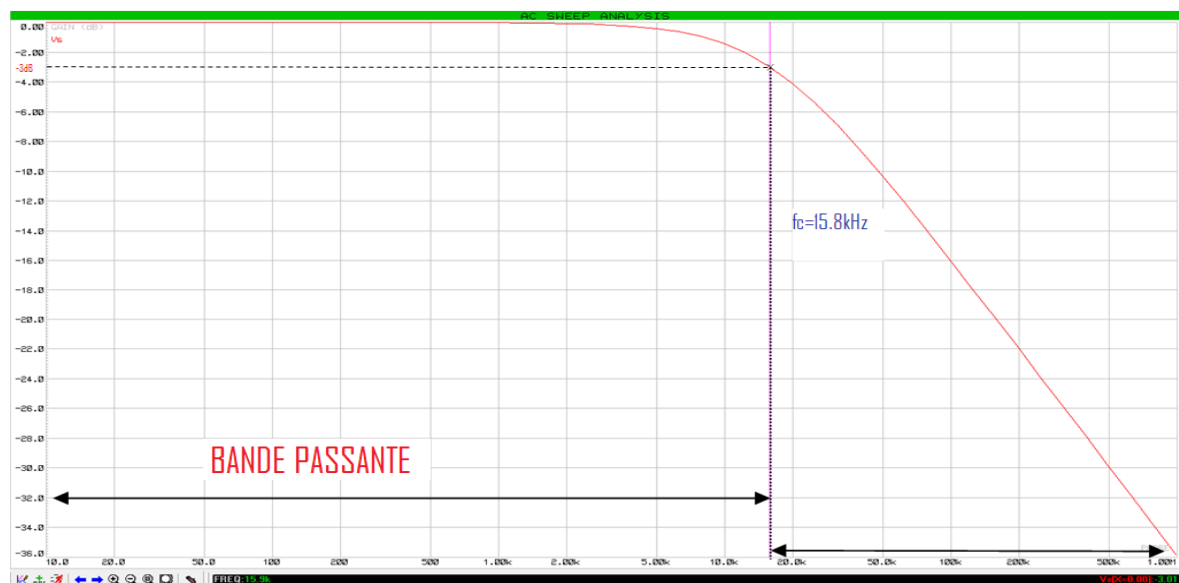
Le circuit est composé :

- D'une résistance R1 de 10k Ω
- Un condensateur C1 de 1 nF et un autre C2 de 10 nF
- Une diode D1
- Une alimentation +5V continue

Pour ce faire on placera une tension sinusoïdale qu'on nommera « Ve » à droite du circuit et une sonde de tension à gauche de celui-ci « Vs ».



Ensuite on ouvre un graphe AC SWEEP, on définira la tension de référence « Ve » et on ajoutera la courbe « Vs ». Puis on simule et on obtient la courbe ci-dessous.



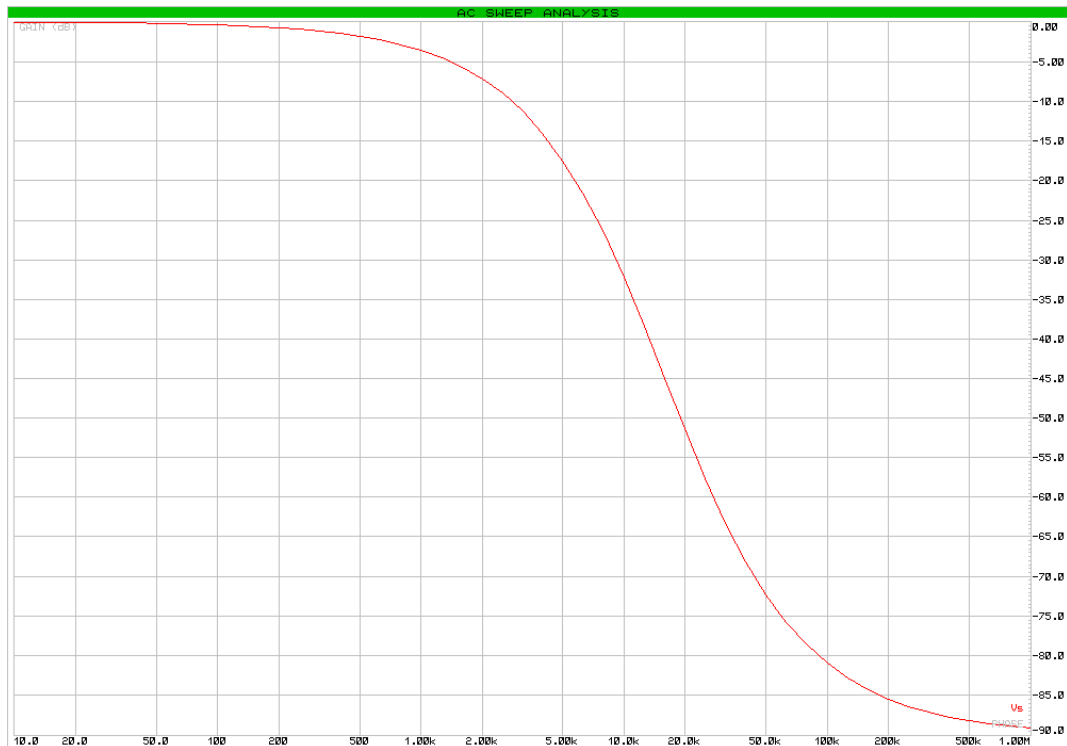
On reconnaît ci-dessus la courbe de gain d'un filtre passe-bas :

Gain en dB= $(20 \log V_s/V_e)$

Extrait : Simulation structures de filtrage, TP222

Sa fréquence de coupure $f_c=15,9\text{kHz}$

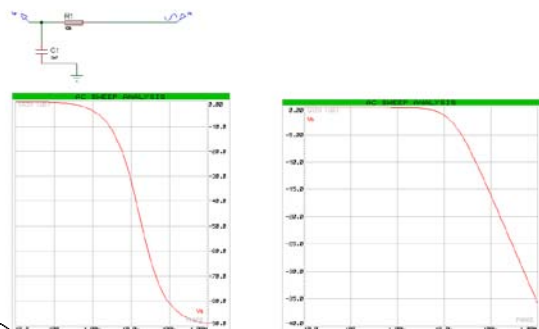
Courbe de phase



On peut dire que plus la fréquence augmente plus le déphasage (ϕ) sera important. Déphasage maximum est égale à -90° soit $-\pi/2$. Le signal de sortie est en retard sur le signal d'entrée.

Les perturbations venant « de la droite » au dessus à 15,9KHz seront **coupées** et déphasées.

Etude n°2 : Même étude sans l'alimentation +5V, la diode D1 et le condensateur C2



Observations : Nous retrouvons les mêmes graphes que dans l'étude précédente, donc dans ce cas les composants retirés ne sont pas utiles. De même pour l'entrée « V_e » placer à gauche et la sortie « V_s » à droite.