

SESSION 2021

AGRÉGATION CONCOURS INTERNE ET CAER

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Options : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique,
sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique,
sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des
constructions.

**ANALYSE ET EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE
D'UN SYSTÈME PLURITECHNIQUE**

Durée : 5 heures

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

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

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

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

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement public :

Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1414A	101	7809

Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1415A	101	7809

Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1416A	101	7809

► Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement Privé :

Option : sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie mécanique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1414A	101	7809

Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie électrique

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1415A	101	7809

Option : Sciences industrielles de l'ingénieur et ingénierie des constructions

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAH	1416A	101	7809

COMPOSITION DU SUJET

- **TEXTE DU SUJET** : description du contexte et des parties, objectifs et questions à traiter par le candidat, 19 pages (y compris celle-ci).
- **DT1 à DT12 – DOCUMENTS TECHNIQUES** : documents spécifiques et relatifs au support de l'étude, données techniques) :
- **DP1 à DP3 – DOSSIER PÉDAGOGIQUE** - Documents spécifiques à l'exploitation pédagogique
- **DR1 à DR3 – DOCUMENTS RÉPONSES** : documents qui seront à compléter et à rendre par le (ou la) candidat(e).

Le sujet comporte 6 parties distinctes pouvant être traitée dans un ordre différent.

Partie 1. Identification des contraintes réglementaires et des enjeux de santé publique et exploitation pédagogique associée

Par la suite, l'objectif des différentes parties proposées sera d'étudier la mise en place d'un dispositif de traitement de l'air intérieur visant à répondre à la problématique de santé publique, et d'étudier son impact sur le confort des usagers, dans une démarche de respect des normes environnementales (cf. document **DT2** : diagrammes SYSML : cas d'utilisation et exigences).

Partie 2. Caractérisation de la qualité de l'air

Partie 3. Validation de la solution technique de traitement de l'air

Partie 4. Caractérisation de l'impact de la mise en œuvre du dispositif sur le confort acoustique des usagers du bâtiment.

Partie 5. Exploitation pédagogique : épreuve de contrôle continu

Partie 6. Synthèse

Les différentes parties seront traitées sur des copies séparées.

Tous les documents réponses, mêmes non complétés sont à rendre avec les copies.

Après avoir complété les en-têtes, le (ou la) candidat(e) remettra en fin d'épreuve ses copies paginées.

Le barème de notation tient compte de la capacité du candidat à traiter les 6 parties.

Les unités des résultats seront précisées systématiquement

Une attention particulière sera portée à la qualité de la rédaction des réponses aux questions.

Amélioration de la qualité de l'air intérieur

Logement, moyens de transport, lieu de travail, école... Nous passons plus de 80 % de notre temps dans des lieux clos, et l'air que nous y respirons n'est pas toujours de bonne qualité. Outre les apports de l'air extérieur, les sources potentielles de pollution dans les bâtiments sont en effet nombreuses : appareils à combustion, matériaux de construction, produits de décoration (peinture, colles, vernis...), meubles, activité humaine (tabagisme, produits d'entretien, bricolage, cuisine...). À l'intérieur des logements, l'air est bel et bien pollué de manière spécifique par rapport à l'air extérieur par des matières particulaires ou PM (acronyme en anglais de Particulate Matter) en suspension dans l'air (PM10 et PM2.5).



La bonne qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment a un effet démontré sur la qualité de concentration, le taux d'absentéisme dans les écoles et le bien-être.

À contrario, une mauvaise qualité de l'air peut favoriser l'émergence de symptômes tels que maux de tête, fatigue, irritation des yeux, du nez, de la gorge et de la peau, vertiges ainsi que des manifestations allergiques et de l'asthme. Les enjeux sanitaires et économiques liés à la qualité de l'air intérieur sont importants.

On estime que les polluants atmosphériques causent chaque année 48 000 morts prématurées en France et la pollution de l'air intérieur est classée 10^{ème} facteur de risque de décès dans le monde.

Dans le tertiaire, quatre grandes familles de polluants sont généralement présentes, en proportion différente selon la localisation, l'usage et l'occupation des lieux, et même d'une pièce à l'autre.

LES POLLUANTS CHIMIQUES

Comme les **Composés Organiques Volatils (COV)**, issus des matériaux de construction, de décoration ou des produits d'entretien...

Les **formaldéhydes**, provenant de panneaux de particules, textiles, colles et peintures...

Les **hydrocarbures** émanant des encres, colles et moquettes...

LES POLLUANTS BIOLOGIQUES

Comme les **agents infectieux liés à l'homme, les moisissures, les insectes et les acariens** dont le développement est favorisé par l'humidité et la chaleur.

LES POLLUTIONS DE L'AIR EXTÉRIEUR

Tels que les **pollens**, certaines **poussières et particules fines (PM pour Particulate Matter, en anglais), le gaz carbonique (CO), les oxydes d'azote (NOx)**.

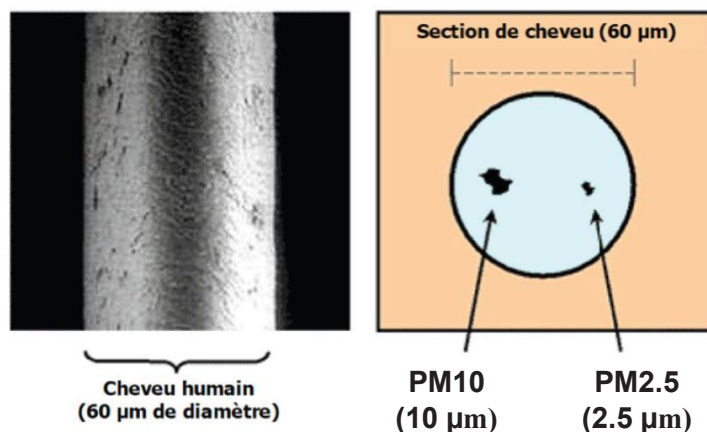
LES POLLUANTS LIÉS À LA PRÉSENCE HUMAINE

Tels que le **dioxyde de carbone (CO₂)**, les **particules fines (PM pour Particulate Matter, en anglais) et l'humidité**.

Les particules en suspension (PM) ont plus d'effet sur la santé que tout autre polluant. Ces particules sont désignées suivant leur taille (PM2.5, PM10).

Valeurs recommandées par l'OMS :

- 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5 en moyenne annuelle ;
- 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5 en moyenne journalière, 3 jours/an maximum.



Comparaison de la taille de cheveux humains et des PM

La société **CIAT** du groupe **Carrier United Technologie**, développe des solutions technologiques visant à améliorer la qualité de l'air dans les bâtiments (logements, établissements d'enseignement, hôpitaux, hôtels, bureaux, musées, ...).

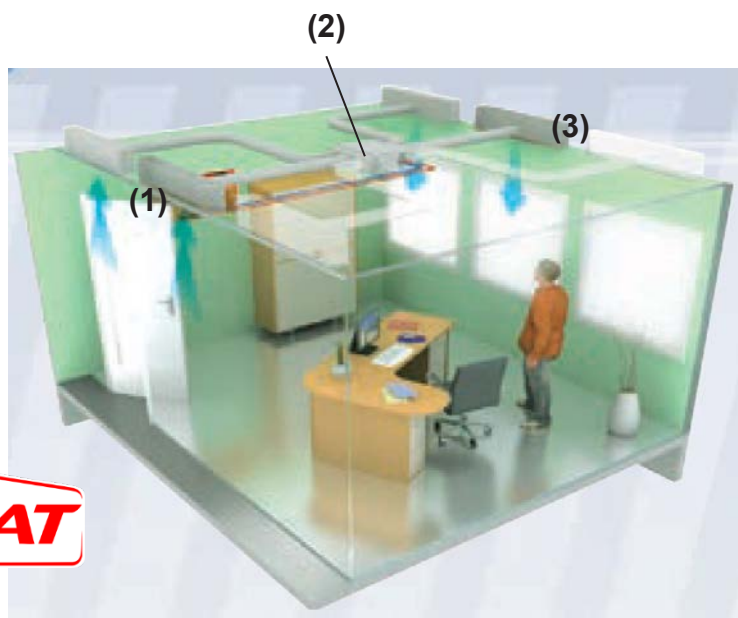
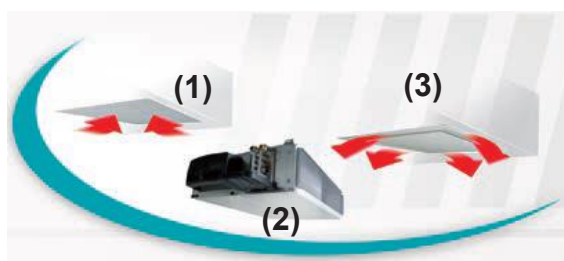
Ces solutions, centrales de traitement de l'air (CTA) associées à des unités de confort, sont en général couplées avec le système de chauffage et de climatisation.

Ce sujet aborde l'amélioration de la qualité de l'air du bâtiment dans lequel se trouve le centre recherche et développement de l'entreprise CIAT, situé à Culoz (01).



Ce bâtiment est constitué principalement d'espaces de travail de type bureau.

Le principe est le suivant : l'air est aspiré par les diffuseurs (1) pour être traité par les unités de confort (2) et par une centrale de traitement de l'air, située dans le local technique du bâtiment. L'air traité est alors diffusé (3) dans le bureau.



Le sujet s'intéresse aux dispositifs techniques permettant d'améliorer la **QAI** (qualité de l'air intérieur), ainsi qu'aux impacts de la mise en œuvre de ceux-ci sur les conditions d'exploitation du bâtiment. Ces dispositifs doivent permettre d'améliorer la qualité de l'air intérieur suivant les recommandations de l'OMS et du projet de loi Élan (24 novembre 2018) sans dégrader les conditions d'exploitation du bâtiment (confort acoustique, performance énergétique, ...).

Partie 1. Identification des contraintes réglementaires et des enjeux de santé publique

Objectif : Identifier les contraintes réglementaires associées à la qualité de l'air intérieur, aux performances énergétiques, et aux performances acoustiques des bâtiments. Cette partie cherchera aussi à dégager des indicateurs de performance.

Le document **DT1** présente des extraits de textes réglementaires (textes de loi, réglementations associées aux bâtiments) et scientifiques (recommandations OMS).

1.1 Analyse de l'effet des dispositifs associés à l'amélioration de la QAI ou à l'amélioration des performances énergétiques et acoustiques

Il s'agit d'analyser, de manière qualitative, l'effet des quatre dispositifs suivants sur la validation des exigences.

Dispositif 1 : augmentation de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Ce dispositif consiste à employer des matériaux et menuiseries étanches à l'air.

Dispositif 2 : renouvellement de l'air par apport d'air neuf. Ce dispositif consiste, à l'aide d'un système de ventilation par exemple, à déplacer l'air de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment, et à rejeter l'air du bâtiment vers l'extérieur.

Dispositif 3 : renouvellement de l'air par apport d'air neuf filtré. Ce dispositif est semblable au précédent avec ajout d'un système de filtration de l'air entrant dans le bâtiment.

Dispositif 4 : recyclage de l'air intérieur par filtration. Ce dispositif consiste à imposer une circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment, et à contraindre son passage dans un filtre.

Les filtres utilisés sont capables de débarrasser l'air des particules fines ou des polluants chimiques (formaldéhyde, benzène...), mais pas du dioxyde de carbone (CO₂).

Question 1 : à partir des informations ci-dessus et du document **DT1**, **compléter** le tableau du document réponse **DR1**. Pour cela, **dégager** des critères, et indiquer, pour chacun des dispositifs, si l'effet sera plutôt favorable ou défavorable au respect de l'exigence concernée. L'utilisation du signe \oplus pour un effet favorable et du signe \ominus pour un effet défavorable pourra être employé. Une justification très succincte sera apportée dans le tableau.

1.2 Mise en place d'un dispositif

Question 2 : à l'aide du tableau du document réponse **DR1**, **analyser** les effets ces dispositifs contradictoires de certains dispositifs et **conclure** quant à l'intérêt de combiner

1.3 Exploitation pédagogique

On souhaite exploiter les éléments abordés dans cette première partie dans une séquence visant la compétence « Justifier les solutions constructives d'un produit au regard des performances environnementales et estimer leur impact sur l'efficacité globale » du programme STI2D.

La séance concerne des élèves de première STI2D et cible la compétence CO1.3 du document **DP1** : « Justifier les solutions constructives d'un produit au regard des performances environnementales et estimer leur impact sur l'efficacité globale ». La séance s'appuiera sur une démarche d'investigation. Elle est programmée sur une durée de 2 heures.

La conception de la séance doit mettre plus particulièrement en évidence les contradictions entre le traitement de l'air intérieur et le respect de la réglementation thermique pour les bâtiments neufs dite RT2012 (cf. **DT1** : extraits de textes réglementaires et scientifiques).

Question 3 : Préciser les connaissances abordées, les indicateurs du niveau d'acquisition, les activités élèves, les interventions de l'enseignant, etc. (cf. documents **DP1** et **DP2**). Proposer une description de cette séance d'investigation, permettant de cibler la compétence CO1.3.

Partie 2. Caractérisation de la qualité de l'air

Objectif : *Caractériser la qualité de l'air dans un bâtiment par son taux de particules fines. Le but ici est d'identifier les capteurs adaptés aux grandeurs physiques à mesurer, aux contraintes d'implantations et aux protocoles de communication.*

2.1 Validation et choix de capteurs adaptés à la mesure de microparticules

Le capteur de particules fines (cf. document **DT2**) utilise la technologie de la diffraction laser (Light Scattering). Un tel capteur de particules utilise une source proche de l'infrarouge (diode laser). Le capteur est une photo-diode à avalanche avec amplificateur. L'infrarouge est utilisé pour éviter toute interférence avec la lumière du jour.

Une résistance chauffante (Heater resistor RH1) réchauffe l'air en amont du capteur. L'air chaud, plus léger, génère un flux constant pour renouveler l'air dans la chambre de détection. Le capteur compte les particules individuelles dans trois classes de tailles qui sont en corrélation avec les PM10, les PM2.5 et les PM1.

Question 4 : à l'aide du document **DT3**, **calculer** la part de la puissance électrique totale absorbée par le capteur, dédiée à la mise en mouvement des particules dans la chambre de détection.

2.2 Traitement de l'information

Question 5 : à partir du relevé de trames ci-dessous et à l'aide du document **DT5**, **déterminer** le taux de concentration de PM_{2.5}. **Conclure** quant au respect de l'exigence id 1.4 du **DT2**.

Maître

ADRESSE	FONCTION	Données (16bits)		Registre CR16C	
0x 0C	0x 04	0x 03	0x01	0xFA	0x56

Esclave

ADRESSE	FONCTION	Nombre de données	Données 16 bits		Registre CR16C	
0x 0E	0x 04	0x01	0x00	0x11	0XD2	0x6C

2.3 Exploitation pédagogique

On souhaite à présent exploiter l'étude de la chaîne d'acquisition réalisée dans cette partie dans une séquence pédagogique pour une classe de première STI2D en enseignement de spécialité I2D et IT.

Question 6 : **identifier** puis **justifier** quelles compétences et connaissances associées (cf. **DP1** et **DP2**) pourraient être visées dans des séquences pédagogiques destinées aux enseignements de spécialité I2D et IT, exploitant la chaîne d'acquisition étudiée dans cette partie. **Expliciter** comment le lien entre les deux enseignements de spécialité pourrait prendre forme.

2.4 Contraintes et limites d'implantation des capteurs dans un bâtiment

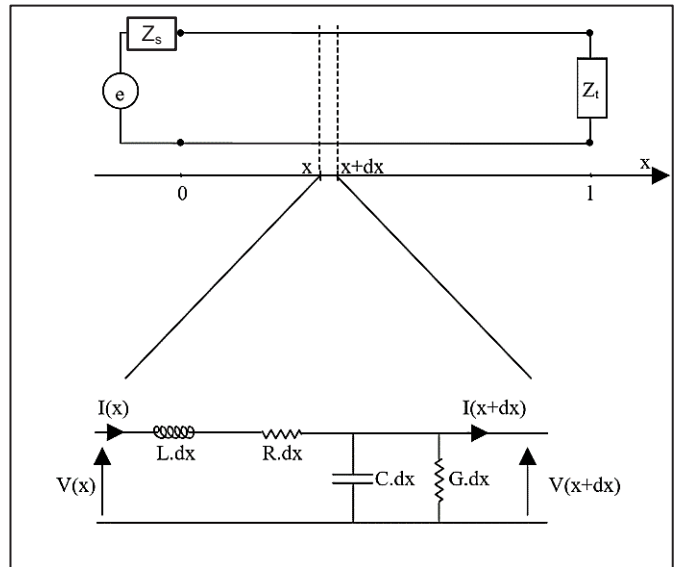
On souhaite caractériser les paramètres d'un modèle de connaissance pour effectuer une simulation de la transmission d'un signal dans une ligne de transmission. L'objectif sera de valider la solution technologique préconisée par le constructeur quant à la nécessité de fermer la ligne pour des distances importantes par des résistances de terminaison.

La ligne de transmission peut être découpée (Cf. figure ci-contre) en éléments simples et modélisée par les éléments suivants :

- une inductance $L.dx$ représente les effets magnétiques liés au passage du courant dans les conducteurs ;
- la capacité $C.dx$ modélise le condensateur composé des deux conducteurs portés à des potentiels différents ;
- la résistance $R.dx$ représente les pertes par effet joule dans les conducteurs ;
- la conductance $G.dx$ représente les pertes diélectriques ;

Avec L en $H.m^{-1}$, C en $F.m^{-1}$, R en $\Omega.m^{-1}$, G en $\Omega^{-1}.m^{-1}$

L , C , R , G sont définis par unité de longueur et sont caractéristiques de la ligne.



$V(x,t)$ représente la tension en un point éloigné d'une distance x du début de la ligne et à l'instant t .

$$V(x + dx, t) = V(x, t) - L \cdot dx \frac{\partial I(x, t)}{\partial t} - R \cdot dx \cdot I(x, t)$$

Question 7 : montrer que l'expression du courant I fonction de la position x et du temps t peut se mettre sous la forme :

$$\frac{\partial I(x, t)}{\partial x} = -C \frac{\partial V(x, t)}{\partial t} - G \cdot V(x, t)$$

On donne l'expression de $\frac{\partial V(x,t)}{\partial x}$ en fonction de L , et $I(x, t)$

$$\frac{\partial V(x, t)}{\partial x} = -L \cdot \frac{\partial I(x, t)}{\partial t} - R \cdot I(x, t)$$

Question 8 : en combinant les 2 équations précédentes, montrer alors que l'on obtient l'équation différentielle suivante :

$$\frac{\partial^2 V(x, t)}{\partial x^2} = LC \frac{\partial^2 V(x, t)}{\partial t^2} + (RC + LG) \frac{\partial V(x, t)}{\partial t} + RG \cdot V(x, t)$$

Pour une ligne de transmission sans pertes : $R=G=0$, l'équation différentielle précédente simplifiée possède alors une solution générale :

$$V(x, t) = V^+(x - vt, 0) + V^-(x + vt, 0)$$

Où $v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ est la vitesse de propagation des ondes V^+ (incidentes) et V^- (réfléchies).

Une ligne sans perte a été utilisée pour modéliser la ligne de transmission entre deux objets communicants. Pour la ligne retenue. $C = 41,7 \text{ pF.m}^{-1}$ et $L = 417. \text{nH.m}^{-1}$

En bout de ligne, le coefficient de réflexion est noté $\Gamma_t = \frac{Z_t - Z_0}{Z_t + Z_0}$ et côté source le coefficient de réflexion est noté $\Gamma_s = \frac{Z_s - Z_0}{Z_s + Z_0}$.

Question 9 : déterminer les longueurs des lignes référencées part1 et part2 (cf. document **DT4**) puis **vérifier** que l'exigence de longueur maximale de ligne pour la norme MODBUS est respectée.

L'impédance caractéristique d'une ligne de transmission idéale est définie par $Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$

Une simulation de transmission sur ligne ouverte (cf. document **DT4**) montre que la qualité du signal et donc l'intégrité du message transmis n'a pas été respectée.

Question 10 : calculer l'impédance caractéristique de la ligne puis **indiquer** l'origine de ce problème de transmission.

Question 11 : **indiquer** les précautions à respecter pour assurer une transmission correcte du signal (topologie, terminaison, longueur).

Question 12 : pour s'assurer de la validité du signal reçu, **indiquer** la précaution logicielle à privilégier.

Partie 3. Validation de la solution technique de traitement de l'air

Objectif : valider la solution technique proposée par l'entreprise pour améliorer la qualité de l'air, et mettre en place un modèle de comportement.

Dans cette partie, on restreint l'étude à la limitation du taux de particules fines de type PM2.5 dans le bâtiment, les plus dangereuses pour la santé. Ces particules proviennent majoritairement de la pollution extérieure. Pour simplifier, on étudie le système dans le cas d'un recyclage de l'air intérieur avec filtration, sans apport d'air neuf de l'extérieur.

On propose le cahier des charges suivant en filtration seule :

Temps de réponse à 5% : temps mis pour filtrer 95% des particules de type PM2.5 dans la pièce	$t_{5\%} = 75 \text{ min}$
Débit maximal de particules fines entrantes que le système est capable de supporter pour maintenir le taux de particules fines à $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$ dans la pièce	$q_{PM2.5_max} = 1.5 \mu\text{g/s}$

Les grandeurs données et résultats de tests correspondent à l'unité de confort gainable de marque CIAT et de type « Comfort Line 32D » utilisé dans le plateau 1 du premier étage du centre de recherche. (Cf. Document DT 11)

3.1 Modèle global de filtration

Notations :

$\omega(t)$	$(\text{rad}\cdot\text{s}^{-1})$	Vitesse de rotation du moteur
$q_{air}(t)$	$(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$	Débit d'air assuré par la ventilation
$q_{PM2.5}(t)$	$(\mu\text{g/s})$	Débit massique de particules filtrées par la ventilation
$q_{ext}(t)$	$(\mu\text{g/s})$	Débit massique de particules arrivant de l'extérieur
$m_{PM2.5}(t)$	(μg)	Masse de particules fines contenues dans la pièce
V	(m^3)	Volume de la pièce
$t_{PM2.5}(t)$	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	Taux de particules fines
e		Efficacité du filtre : $e = 0$: n'arrête aucune particule $e = 1$: arrête toutes les particules $e = 0.8$: arrête 80% des particules

Équations :

Loi de comportement débit / vitesse : $q_{air}(t) = K \cdot \omega(t)$ K est estimé à $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (1)

Loi de conservation des débits : $\frac{dm_{PM2.5}}{dt} = q_{ext}(t) - q_{PM2.5}(t)$ (2)

Relation débit massique / débit air : $q_{PM2.5}(t) = e \cdot q_{air}(t) \cdot t_{PM2.5}(t)$ (3)

Expression du taux de particules fines : $t_{PM2.5}(t) = \frac{m_{PM2.5}(t)}{V}$ (4)

On se place à vitesse ω constante.

Question 13 : à partir des équations ci-dessus, **écrire** l'équation différentielle liant le taux de particules fines $t_{PM2.5}(t)$ et le débit massique de particules entrant dans la pièce $q_{ext}(t)$

3.2 Étude des performances du système en filtration

Réponse du système suite à un débit entrant de particules constant

On suppose dans cette approche que les conditions initiales sont nulles (pas de particules fines dans la pièce à l'instant $t = 0$). On note respectivement $T_{PM25}(p)$ et $Q_{ext}(p)$ les transformées de Laplace des fonctions $t_{PM25}(t)$ et $q_{ext}(t)$.

Question 14 : après avoir déterminé l'équation différentielle dans le domaine de Laplace, **établir** la fonction de transfert $H(p) = \frac{T_{PM25}(p)}{Q_{ext}(p)}$. **Montrer** qu'il s'agit d'une fonction de transfert d'ordre 1, puis **donner** l'expression de son gain K_1 et de sa constante de temps τ_1 en fonction de e , V , K et ω .

Question 15 : **tracer** sur feuille de copie l'allure du taux de particules dans la pièce suite à une entrée de type débit constant (échelon de débit Q_0). **Placer** les paramètres caractéristiques et notamment $t_{5\%}$ (temps de réponse à 5%). Pour chacun des deux critères du cahier des charges, donné en début de partie, **indiquer** quels sont les paramètres influents et **proposer** des moyens d'actions possibles pour améliorer ces performances.

Réponse du système en dépuration

La méthodologie spécifique mise au point et réalisée au centre d'étude CIAT pour caractériser l'efficacité du système consiste à démarrer l'expérience avec un taux de particules fines important dans la pièce ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et à mesurer la décroissance du taux de particules (appelé abattement particulaire) au cours du temps suite à la mise en route du système.

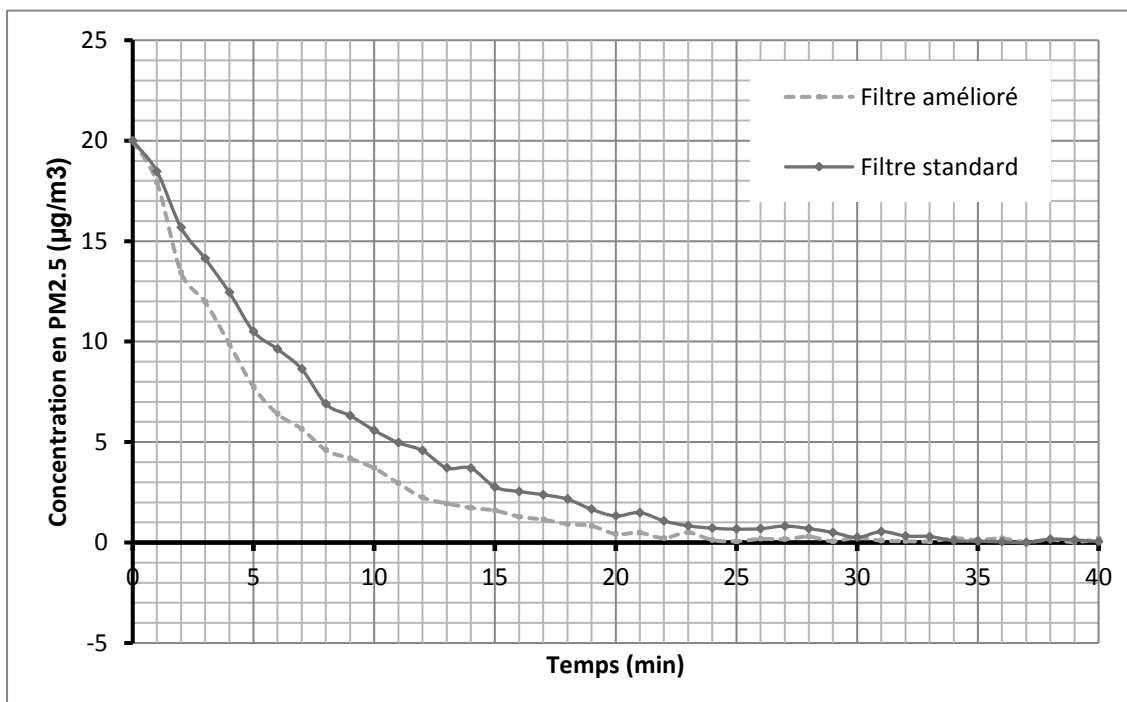
Dans ces conditions, à partir du modèle présenté et par une analyse semblable à la précédente, on obtient une réponse temporelle de la forme :

$$t_{PM25}(t) = T_{M0} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Avec : T_{M0} : le taux de particules fines initial contenu dans la pièce ;

τ : la constante de temps : $\tau = \frac{V}{eK\omega}$.

On donne ci-dessous les résultats du test réalisé dans une pièce de volume $V = 40 \text{ m}^3$, en vitesse moyenne ($\omega = 620 \text{ tr}/\text{min}$) avec une concentration initiale de particules fines PM2.5 de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$:



Données
expérimentales
issues du centre
de recherche
CIAT

Question 16 : par identification à partir du relevé expérimental, **déterminer** la constante de temps τ et l'efficacité e du filtre (dans le cas du filtre amélioré).

Le plateau 1 du premier étage (cf. plan sur le document **DT11**) est équipé de deux unités de confort de type « Comfort Line 32D ». Quel que soit le résultat trouvé précédemment on supposera $e = 0.9$.

Question 17 : **conclure** quant au respect du cahier des charges (temps de réponse à 5% et débit maximal) pour une vitesse de rotation de $620 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ (réglage « vitesse moyenne »), puis pour une vitesse de $770 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ (grande vitesse) dans ce local.

Partie 4. Caractérisation de l'impact de la mise en œuvre du dispositif sur le confort acoustique des usagers du bâtiment.

Objectif : vérifier l'exigence acoustique pour le local considéré suite à l'installation du système de traitement d'air. Pour cela, il s'agit d'optimiser les caractéristiques des groupes moto-ventilateurs, du réseau et des unités terminales de soufflage en fonction des contraintes aérauliques et des spécifications acoustiques associées.

4.1 Analyse des sources du bruit : étude du bruit mécanique et des fréquences à éviter

Le bruit d'un ventilateur est dû à trois types de sources :

- le bruit aérodynamique, dû à l'écoulement de l'air sur les pales,
- le bruit magnétique, bruit du moteur électrique,
- le bruit mécanique.

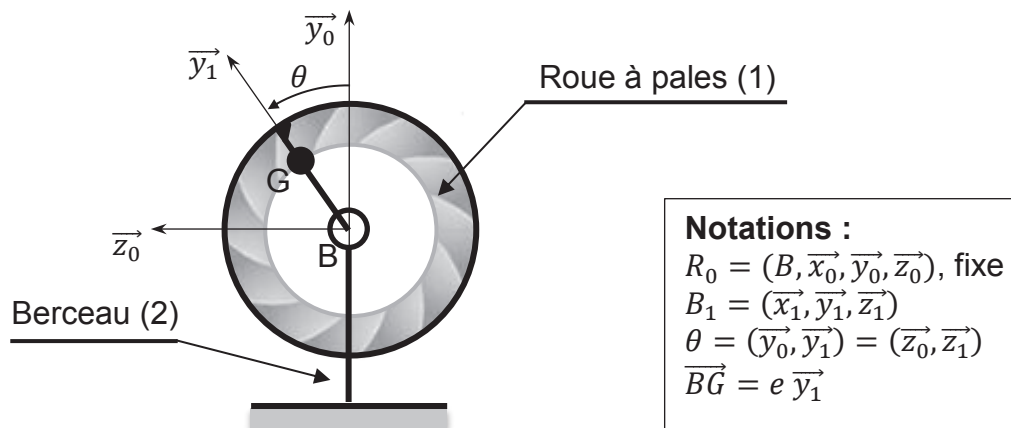
C'est en général le bruit aérodynamique qui est prépondérant. Cependant, il existe des situations où le bruit mécanique peut devenir important, voire prédominant, notamment à cause d'un défaut d'équilibrage du rotor.

Le but de cette partie est d'étudier l'effet d'un défaut d'équilibrage de l'arbre en rotation (balourd) sur la génération de vibrations et donc de bruit, et d'identifier les gammes de fréquences pour lesquelles l'amplitude de ces vibrations est maximale.

Dans cette partie, les actions de pesanteurs sont négligées.

L'architecture du groupe moto ventilateur est présentée sur le document technique DT6.

Efforts générés par le défaut d'équilibrage



Hypothèses

- La roue à pales (1) est composée :
 - d'un solide de centre d'inertie B,
 - d'une masse ponctuelle, modélisant le balourd, de masse m , au point G.
- La roue à pales est en liaison pivot d'axe (B, \vec{x}_0) avec le berceau (2).
- Le référentiel associé au berceau (2) est supposé galiléen.
- La vitesse de rotation de la roue par rapport au berceau (2), notée ω , est constante.
- Le problème est considéré comme plan.
- Les actions de pesanteurs sont négligées.

On note Y_B et Z_B les composantes exprimées dans le repère R_0 des actions mécaniques du berceau (2) sur la roue (1) dans la liaison pivot en B.

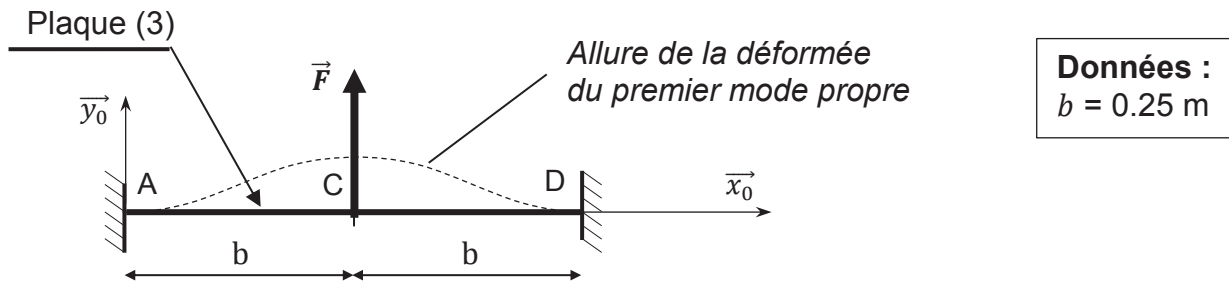
Question 18 : déterminer l'expression de Y_B et Z_B en fonction de la masse du balourd m , de l'angle θ , de la vitesse ω et des dimensions du système. **Montrer** que ces composantes sont périodiques de pulsation ω .

Détermination de la première fréquence propre de la plaque

La plaque est fixée d'une part par deux inserts avec le panneau latéral, et d'autre part par deux vis avec le déflecteur, supposé entièrement rigide (cf. document DT6). On ne prend pas en compte l'appui sur le déflecteur (contact unilatéral).

Pour des raisons d'accessibilité lors des phases de maintenance, aucune fixation n'a pu être mise en place entre la plaque et la partie inférieure du carter de l'unité de confort.

On utilisera le modèle simplifié suivant :



Hypothèses

- On utilise un modèle poutre pour la plaque (3), encastree aux points A et D avec le boitier (0) (bâti).
- La plaque est en acier. On note E le module de Young de l'acier : $E = 200 \text{ GPa}$.
- Le moment quadratique de la section de la poutre est noté I_{GZ} : $I_{GZ} = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ m}^4$.
- On applique un chargement ponctuel en C : $\vec{F} = F\vec{y}_0$.

On note $y(x)$ la composante suivant \vec{y}_0 du déplacement d'un point de la plaque (3) d'abscisse x dans le repère $(A, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

Les actions du bâti en A et D sont notées :

$$\{T_{0 \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} N_A \vec{x}_0 + T_A \vec{y}_0 \\ M_A \vec{z}_0 \end{Bmatrix}_A \qquad \{T'_{0 \rightarrow 3}\} = \begin{Bmatrix} N_D \vec{x}_0 + T_D \vec{y}_0 \\ M_D \vec{z}_0 \end{Bmatrix}_D$$

Par symétrie :

- les composantes T_A et T_D sont égales,
- la déformée admet une tangente horizontale en C.

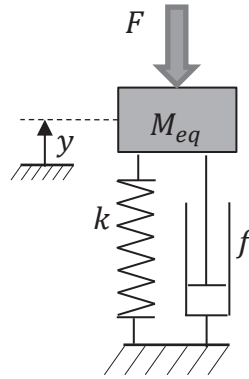
Question 19 : déterminer le torseur de cohésion de la poutre en fonction de M_A , N_A et F . Puis, établir l'expression de la flèche maximale y_M (valeur maximale prise par $y(x)$). Justifier votre réponse.

Question 20 : montrer que l'on peut établir une relation du type $F = k y_M$, où k dépend des caractéristiques géométriques et du module de Young E . Donner l'expression de k , puis calculer sa valeur numérique.

Mise en place du problème unidirectionnel

On modélise alors l'élasticité du panneau par un ressort de raideur k . Un amortisseur de coefficient d'amortissement visqueux f permet de prendre en compte l'amortissement de la structure. La masse propre du panneau est négligée devant celle de la volute notamment. Les actions de pesanteur sont négligées.

On obtient alors le modèle 1D équivalent suivant :



Données :
$M_{eq} = 1 \text{ kg}$
$k = 7000 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$
$f = 2 \text{ N}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$

L'effort excitateur F , consécutif au balourd, est de pulsation ω .

Par application du principe fondamental de la dynamique, on obtient l'équation différentielle d'ordre 2 suivante :

$$M_{eq}\ddot{y}(t) + f\dot{y}(t) + ky(t) = F(t)$$

On donne ci-dessous l'expression de ses paramètres caractéristiques:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M_{eq}}} \quad (\text{Pulsation propre du système non amorti})$$

$$z = \frac{f}{2\sqrt{kM_{eq}}} \quad (\text{Coefficient d'amortissement})$$

Conclusion sur les vibrations générées

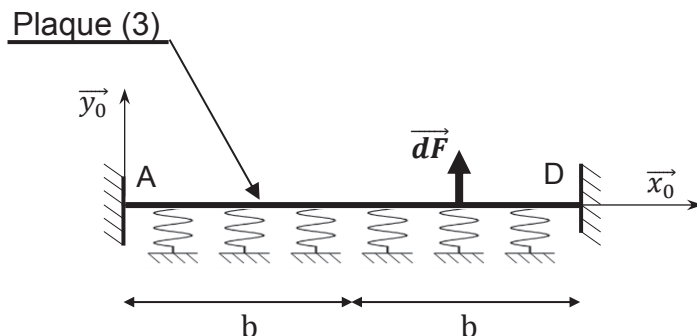
Question 21 : indiquer s'il y a risque de résonance et pour quelle pulsation approximative (en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$). À partir de la documentation technique **DT7**, relever la plage de vitesse d'utilisation du ventilateur sachant que seules les vitesses $V1$, $V2$ et $V3$ sont utilisées. **Conclure.**

Prise en compte du déflecteur

Le constructeur précontraint légèrement la plaque et le déflecteur lors du montage grâce aux inserts sertis (cf. document **DT6**).

Cette précontrainte permet d'assurer un contact permanent entre la plaque et le déflecteur.

On modélise ci-dessous le déflecteur comme un ensemble de ressorts exerçant un effort réparti qui dépend du déplacement au point considéré :



$$\vec{dF} = q(x) dL\vec{y}_0$$

avec $q(x) = q_0 + a \cdot y(x)$ (charge linéique)

On donne dans le document **DT8** les résultats d'une simulation, incluant le déflecteur et la plaque, le contact permanent étant imposé entre les deux pièces.

Question 22 : justifier le choix du modèle de chargement présenté sur le **DT8**. Conclure quant au risque d'entrer en résonance dans la plage d'utilisation du moteur. Indiquer le déplacement qu'il convient d'imposer lors de la phase de précharge au montage, et proposer un protocole de montage.

4.2 Propagation acoustique au sein de l'installation

Pour cette sous-partie, l'étude acoustique porte sur les conditions d'aspiration et de soufflage de la centrale de traitement d'air des bureaux situés au 1^{er} étage dans l'open-space plateau 1 du centre de recherche CIAT dont le plan est donné dans le document **DT11**.

L'étude va être menée afin d'estimer le niveau de pression acoustique au point P (au niveau de l'auditeur situé au bureau 01) sur le plateau 1 et de le comparer avec le niveau d'exigence $L_{p_{max}} = 30$ dB(A) demandé.

Le traitement d'air et sa diffusion sont assurés au 1^{er} étage par une unité gainable de type Comfort Line 32D dont les caractéristiques techniques sont données dans le document **DT9**. On étudie la CTA en régime moyen en vitesse V3.

On pourra s'appuyer sur le document **DT10**.

Question 23 : déterminer le niveau de puissance acoustique global $L_{w_{global}}$ [dB] à l'aspiration + rayonnement ainsi qu'au soufflage et compléter le document réponse **DR2**.

Question 24 : déterminer le niveau de puissance L_w [dB(A)] à l'aspiration + rayonnement ainsi qu'au soufflage, par bande d'octaves et renseigner le tableau du document réponse **DR2**. Vérifier que $L_{w_{global}}$ [dB(A)] dû au soufflage et l'aspiration est de 51 dB(A) (arrondi au dB supérieur).

On ne s'intéresse à présent qu'au réseau de soufflage (cf. document **DT11**). Les trois circuits de refoulement sont équilibrés sur le plan aéraulique en matière de débit.

Question 25 : en utilisant le principe de conservation de la puissance acoustique, déterminer le niveau de puissance L_{wA} [dB(A)] à l'entrée des trois gaines en A, B et C en considérant qu'ils sont égaux.

Question 26 : calculer le niveau de puissance L_{w1} [dB(A)] à la sortie des bouches de soufflage numérotée 1, 2 et 3 en tenant compte de l'atténuation acoustique dans les gaines.

Étude acoustique en champ direct.

Question 27 : à partir du document **DT11**, **justifier** de manière qualitative que l'étude acoustique pour l'auditeur situé au point P se limite au diffuseur 1 et **déterminer** le niveau de pression acoustique $L_{p\text{direct}}$ au point P.

Dans notre contexte $Q = \text{facteur de directivité} = 2$

On considère que le point d'écoute P est situé à 1,5 m du sol (hauteur de l'oreille humaine).

Hauteur sous-plafond HSP = 2,7 m

Étude acoustique en champ réverbéré.

On s'intéresse à présent à l'influence de la réverbération de la pièce.

Le temps de réverbération de $T_r = 0,5$ s a été mesuré.

Question 28 : d'après la formule de Sabine (Cf. document DT 10), **déterminer** l'aire d'absorption A du local. En déduire la constante d'absorption R du local ainsi que le niveau de pression $L_{p\text{réverbéré}}$ [dB(A)].

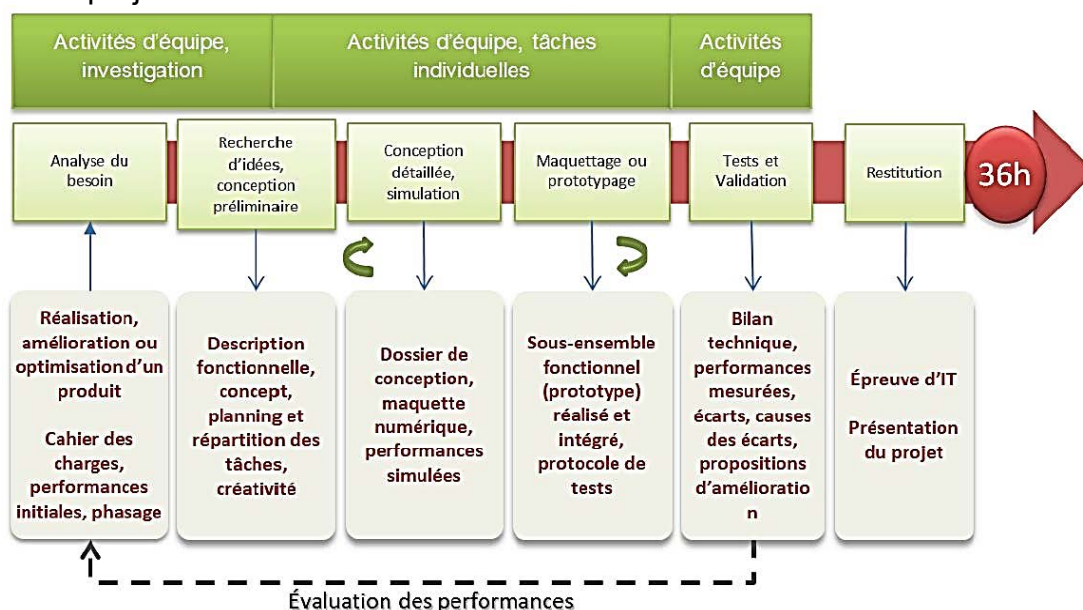
Question 29 : **conclure** quant au respect de la norme acoustique dans l'open-space du plateau 1 en considérant à la fois le champ direct et réverbéré.

Partie 5. Exploitation pédagogique : épreuve de contrôle continu

Objectif : développer un projet pluri technologique dans le cadre de l'épreuve commune de contrôle continue en fin de première STI2D.

Le système étudié dans ce sujet est adapté pour une exploitation dans le cadre du projet de fin de première. Il s'agit entre autre d'un système répondant à une problématique sociétale et couvrant les champs Matière, Énergie et Information. On rappelle ci-dessous les différentes phases d'un projet et la grille d'évaluation avec les compétences évaluées et les critères d'évaluation.

Les phases du projet :



L'évaluation du projet dans le cadre des évaluations communes :

Compétences évaluées		Critères d'évaluation	évaluation			
			0	1/3	2/3	3/3
Q2 - Identifier les éléments influents du développement d'un produit						
CO2.1	Décoder le cahier des charges d'un produit, participer, si besoin, à sa modification	Les critères du cahier des charges sont explicités et les principaux points de vigilance relatifs au projet sont identifiés au regard du besoin				
CO2.2	Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique	Les principaux paramètres de compétitivité du produit (innovation, contraintes environnementales, sociétales et économiques...) sont identifiés				
Q4 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet y compris en langue étrangère						
CO4.1	Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés	La présentation est synthétique et s'appuie sur des outils pertinents				
Q5 - Imaginer une solution, répondre à un besoin.						
CO5.2	Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un produit (approche matière-énergie-information)	Les problèmes techniques proposés sont en lien avec le besoin exprimé				
CO5.4	Planifier un projet (diagramme Gantt, chemin critique) en utilisant les outils adaptés et en prenant en compte les données technico-économiques	Les différentes phases du projet sont identifiées et présentées avec un outil adapté				
CO5.5	Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue.	La démarche de créativité mise en œuvre pour rechercher des solutions est présentée Le choix de la solution (logiciels, matériaux, constituants) retenue est argumenté au regard des performances attendues				
Q7 - Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes						
CO7.1	Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial	Les moyens mobilisés pour la réalisation du prototype sont adaptés Le prototype réalisé permet de valider les performances attendues				

Question 30 : en complétant la fiche de description du projet (cf. document DP3), proposer un projet permettant la mise en place de l'épreuve de contrôle continu en fin de première en STI2D.

Partie 6. Synthèse

Objectif : estimer les « coûts » énergétiques et acoustiques associés aux solutions d'amélioration de la qualité de l'air en comparant différentes stratégies de pilotage.

Les parties précédentes ont permis d'établir que les « coûts » acoustique et énergétique augmentent avec la vitesse de rotation ω du système de ventilation.

On propose le modèle global suivant en estimation des « coûts » énergétiques et acoustiques :

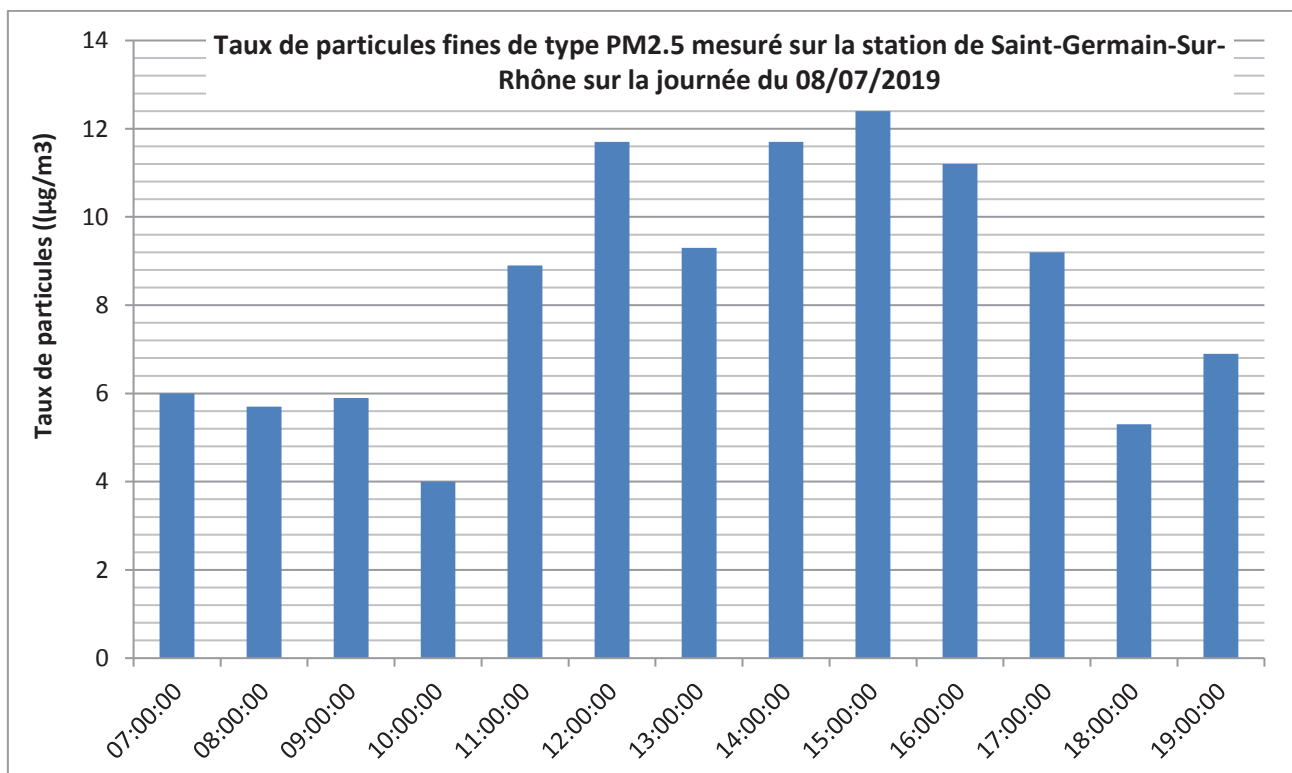
$$P_{abs} = K_3 \cdot \omega^3 \quad (\text{puissance absorbée en W})$$
$$P_{acoustique} = K_4 \cdot \omega \quad (\text{puissance acoustique en dB})$$

Le système Epure Dynamics® de marque CIAT, permet de limiter la consommation d'énergie tout en assurant un bon confort acoustique, en adaptant la vitesse aux besoins. Ceci est rendu possible par l'emploi de capteurs comme celui étudié en **partie 2** mesurant le taux de CO₂ ou de particules fines.

Un système de pilotage Smart CIATControl permet alors de déclencher le cycle d'épuration.

On propose d'évaluer ces coûts sur une journée type.

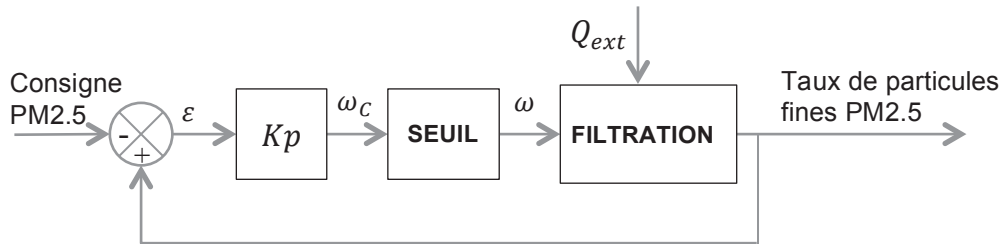
On donne l'évolution du taux de particules fines mesuré sur une journée par une station de mesure proche du centre de recherche.



Source : <https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/donnees-ouvertes-de-qualite-de-lair-0>

6.1 Stratégie de pilotage proportionnelle

Une première stratégie serait de piloter la vitesse proportionnellement à l'écart entre le taux de particules mesuré et la consigne, ceci uniquement quand le taux de particules fines mesuré est supérieur à celui de la consigne :



Le bloc « seuil » permet à la fois de limiter l'action du moteur aux phases où l'écart ε est positif (taux de particules dans la pièce supérieur à la consigne) et de limiter le pilotage du moteur à des vitesses comprises entre 50 rad/s et 130 rad/s :

- si la consigne ω_c est inférieure à 50 rad·s⁻¹ : ω est assignée à 0 rad·s⁻¹,
- si la consigne ω_c est supérieure à 130 rad·s⁻¹ : ω est saturée à 130 rad·s⁻¹.

Le modèle de simulation associé au plateau 1 du premier étage est partiellement proposé dans le document réponse **DR3**.

Question 31 : à partir des équations (1), (2), (3), et (4) de la **partie 3**, finaliser ce modèle en complétant les zones dans les cadres en pointillés du document réponse **DR3**. Indiquer dans le cadre prévu le rôle du bloc entouré sur le document réponse.

On donne sur le document **DT12** les courbes obtenues à partir de cette simulation pour différentes valeurs de Kp . La durée de la simulation est de 43 200 s (12 h).

Question 32 : indiquer pourquoi le taux de 10 µg/m³ n'est pas toujours atteint. Prévoir l'effet du gain Kp sur la consommation énergétique. Par analyse de la courbe de vitesse (courbe 2 – **DT12**), indiquer pourquoi cette stratégie a un effet négatif sur le confort de l'utilisateur.

6.2 Stratégie de pilotage Smart CIATControl

L'interface de gestion centrale Smart CIATControl enclenche les groupes moto-ventilateurs en vitesse moyenne (réglée à 620 tr·min⁻¹) lorsque le taux de particules fines dépasse un seuil fixé par l'utilisateur (on prendra ici un seuil de 10 µg/m³). Une fois le taux de concentration de particules PM2.5 revenu en dessous du seuil fixé (par défaut le seuil étant celui de l'OMS fixé à 10 µg/m³), les unités de confort reprennent leur fonctionnement normal. Cependant, le temps de filtration est au minimum de 5 minutes.

Question 33 : compléter le graphe d'état de la seconde page du document réponse **DR3**.
Le respect de la syntaxe ne sera pas évalué.

Question 34 : à partir de l'analyse des courbes obtenues par simulation (simulation 2 du document **DT12 1/2**), déterminer la consommation énergétique en kWh sur une journée de travail (7h-19h). Valider le respect des exigences 1.1.1 et 1.4 dans le cadre de l'étude. Rappel : le plateau 1 est équipé de deux unités de confort (cf. document **DT11**), la simulation a donc été faite pour une surface de 42 m².

Question 35 : calculer le gain énergétique pour l'ensemble du plateau 1 de la stratégie « Smart CIATControl » sur une journée (7h-19h) par rapport à une stratégie où le système serait mis en route en permanence à vitesse moyenne. Indiquer qualitativement le bénéfice acoustique.

Question 36 : analyser l'ensemble des 6 parties du sujet et conclure sur l'intérêt du système au regard des contraintes de qualité de l'air.

DOSSIER TECHNIQUE (DT1 à DT12) - Documents relatifs au support de l'étude

DT1	Extraits de textes réglementaires et scientifiques	3 Pages
DT2	Diagrammes SYSML	2 Pages
DT3	Capture et traitement analogique avant conversion et transmission	1 Page
DT4	Résultats de simulation d'une transmission sur ligne ouverte	1 Page
DT5	Capteur PM4000 : Modbus RTU (Remote Terminal Unit)	1 Page
DT6	Architecture du groupe moto-ventilateur	1 Page
DT7	Caractéristiques générales de l'unité de confort Comfort Line 32D	
DT8	Résultats de la simulation structure	1 Page
DT9	Données techniques de l'unité de confort type gainable Comfort Line 32D	1 Page
DT10	Memento acoustique	1 Page
DT11	Plan du 1er étage plateau 1	1 Page
DT12	Résultats de la simulation multi physique	2 Pages

Code de la construction et de l'habitation : Article L111-9

Modifié par LOI n°2018-1021 du 23 novembre 2018 - art. 181 (Loi ELAN)

« Les performances énergétiques, environnementales et sanitaires des bâtiments et parties de bâtiments neufs s'inscrivent dans une exigence de lutte contre le changement climatique, de sobriété de la consommation des ressources et de préservation de la qualité de l'air intérieur. Elles répondent à des objectifs d'économies d'énergie, de limitation de l'empreinte carbone par le stockage du carbone de l'atmosphère durant la vie du bâtiment, de recours à des matériaux issus de ressources renouvelables, d'incorporation de matériaux issus du recyclage, de recours aux énergies renouvelables et d'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Un décret en Conseil d'Etat détermine : [...]

- les exigences en matière de qualité de l'air intérieur des bâtiments ;
- les exigences en matière de recours à des matériaux issus des ressources renouvelables ou d'incorporation de matériaux issus du recyclage ; [...]
- les catégories de bâtiments qui font l'objet, avant leur construction, d'une étude de faisabilité technique et économique. Cette étude évalue ou envisage obligatoirement pour certaines catégories de bâtiments les diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la nouvelle construction, dont celles qui font appel aux énergies renouvelables, aux productions combinées de chaleur et d'énergie, aux systèmes de chauffage ou de refroidissement urbain ou collectif s'ils existent, aux pompes à chaleur performantes en termes d'efficacité énergétique ou aux chaudières à condensation gaz, sans préjudice des décisions des autorités compétentes pour les services publics de distribution d'énergie ;

Code de l'environnement : Article R221-30

Modifié par DÉCRET n°2015-1000 du 17 août 2015 - art. 2

I. - Les propriétaires ou, si une convention le prévoit, l'exploitant des établissements publics ou privés appartenant à l'une des catégories mentionnées au II sont tenus de faire procéder, à leurs frais, à une surveillance de la qualité de l'air à l'intérieur des locaux de leur établissement. Cette surveillance est renouvelée tous les sept ans et comporte :

- une évaluation des moyens d'aération des bâtiments ;
- une campagne de mesures de polluants, [...]

[...] Pour les établissements réalisant une campagne de mesures de polluants, une nouvelle campagne de mesures est à réaliser dans un délai de deux ans par le propriétaire ou, si une convention le prévoit, par l'exploitant de l'établissement, lorsque le résultat des analyses effectuées d'au moins un polluant mesuré dépasse les valeurs fixées par le décret prévu au III.

II. – Les catégories d'établissements concernées par cette obligation sont les suivantes :

- 1° Les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans ;
 - 2° Les accueils de loisirs mentionnés au 1° du II de l'article R. 227-1 du code de l'action sociale et des familles ;
 - 3° Les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degré ;
- [...]

DT1 2/3 – Extraits de textes réglementaires et scientifiques

Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public : Article 10

Les valeurs mentionnées au III de l'article R. 221-30 du code de l'environnement fixées ci-dessous.

SUBSTANCE	VALEUR POUR LAQUELLE DES INVESTIGATIONS complémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé
Formaldéhyde	Concentration 100 µg/m ³
Benzène	Concentration 10 µg/m ³
Dioxyde de carbone	Indice de confinement = 5

Un indice de confinement de 5 correspond à des pics de concentration en CO₂ élevés supérieurs à 4 000 ppm (partie par million) et à des valeurs moyennes pendant l'occupation supérieures à 2 000 ppm

La surveillance de la qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants :

Substances	Valeur-guide pour l'air intérieur		Valeur-limite
Formaldéhyde	30 µg/m ³ pour une exposition de longue durée à compter du 1 ^{er} janvier 2015	10 µg/m ³ pour une exposition de longue durée à compter du 1 ^{er} janvier 2023	100 µg/m ³
Benzène	5 µg/m ³ pour une exposition de longue durée à compter du 1 ^{er} janvier 2013	2 µg/m ³ pour une exposition de longue durée à compter du 1 ^{er} janvier 2016	10 µg/m ³
Dioxyde de carbone			Indice de confinement de niveau 5*

Recommandations OMS (organisation mondiale pour la santé) : Valeurs recommandées

Matières particulaires fines (PM_{2.5})

- 10 µg/m³ moyenne annuelle
- 25 µg/m³ moyenne sur 24 heures

Matières particulaires grossières (PM₁₀)

- 20 µg/m³ moyenne annuelle
- 50 µg/m³ moyenne sur 24 heures

DT1 3/3 – Extraits de textes réglementaires et scientifiques

Réglementation thermique 2012 (RT 2012) : Exigences de résultats de la RT 2012

Un bâtiment sera réglementaire uniquement s'il répond simultanément aux trois exigences de résultats suivantes :

- **Bbio ≤ Bbiomax** : Le Bbio, ou **Besoin Bioclimatique**, représente l'efficacité énergétique du bâti. Cette exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti valorise le niveau d'isolation (étanchéité à l'air, la conception bioclimatique, la mitoyenneté).
Bbio = 2 x Besoin en Chauffage + 2 x Besoin en Refroidissement + 5 x Besoin en éclairage
- **Cep ≤ Cepmax** : Le **Cep** représente la **consommation conventionnelle d'énergie primaire** du bâtiment portant sur les consommations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de production d'eau chaude sanitaire et d'auxiliaires (pompes et ventilateurs). Cette exigence de consommation globale maximale d'énergie primaire est de 50 kWh/m²/an.
- **Tic ≤ Ticréf** : Cette exigence confort d'été impose que la température intérieure atteinte dans le bâtiment soit inférieure à une température de référence au cours des 5 jours les plus chauds de l'année.

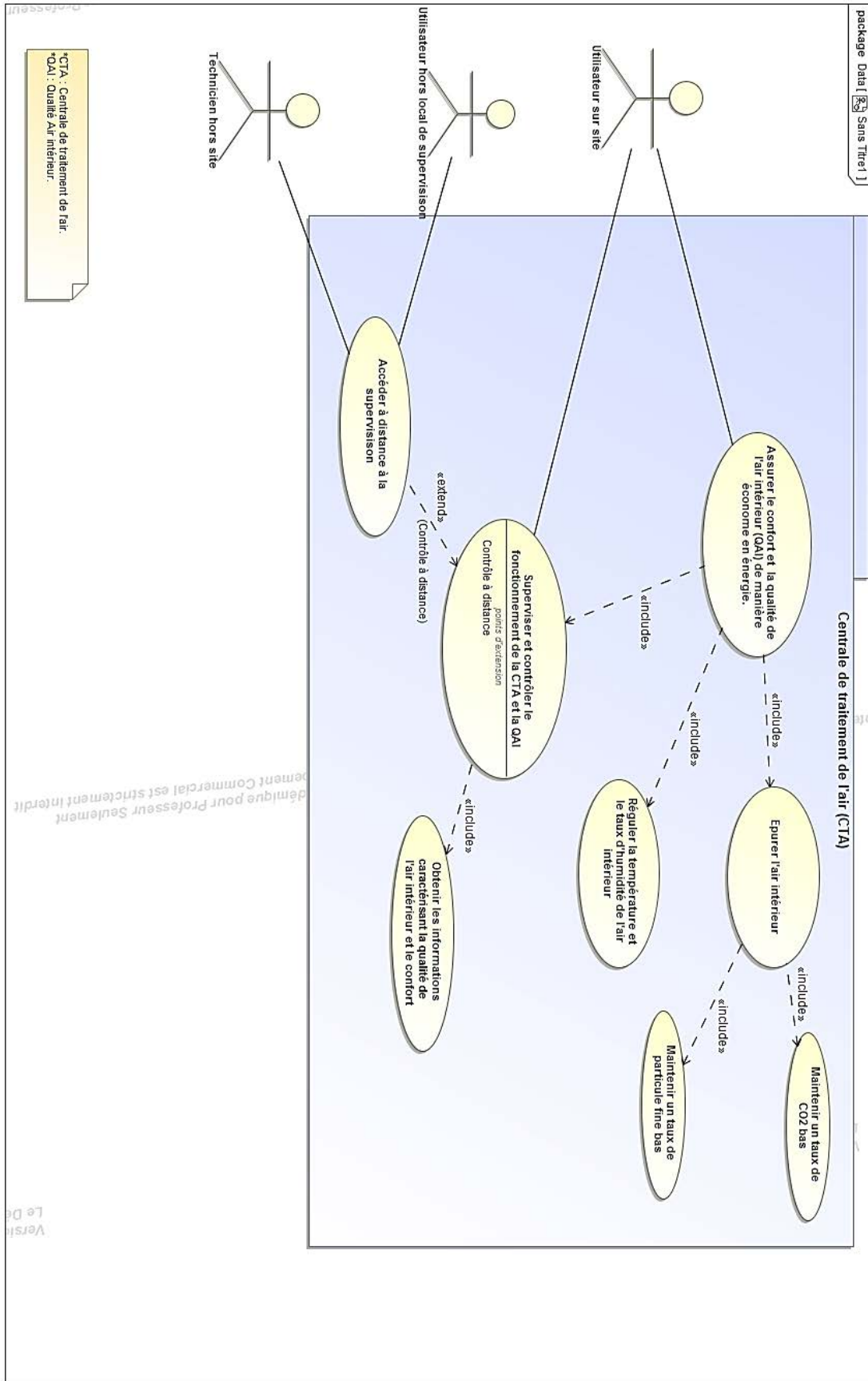
Réglementations acoustiques des bâtiments : guide CNB novembre 2017

Le niveau de pression acoustique normalisé L_{nAT} du bruit engendré dans des conditions normales de fonctionnement par un équipement ne doit pas dépasser les valeurs des tableaux suivants :

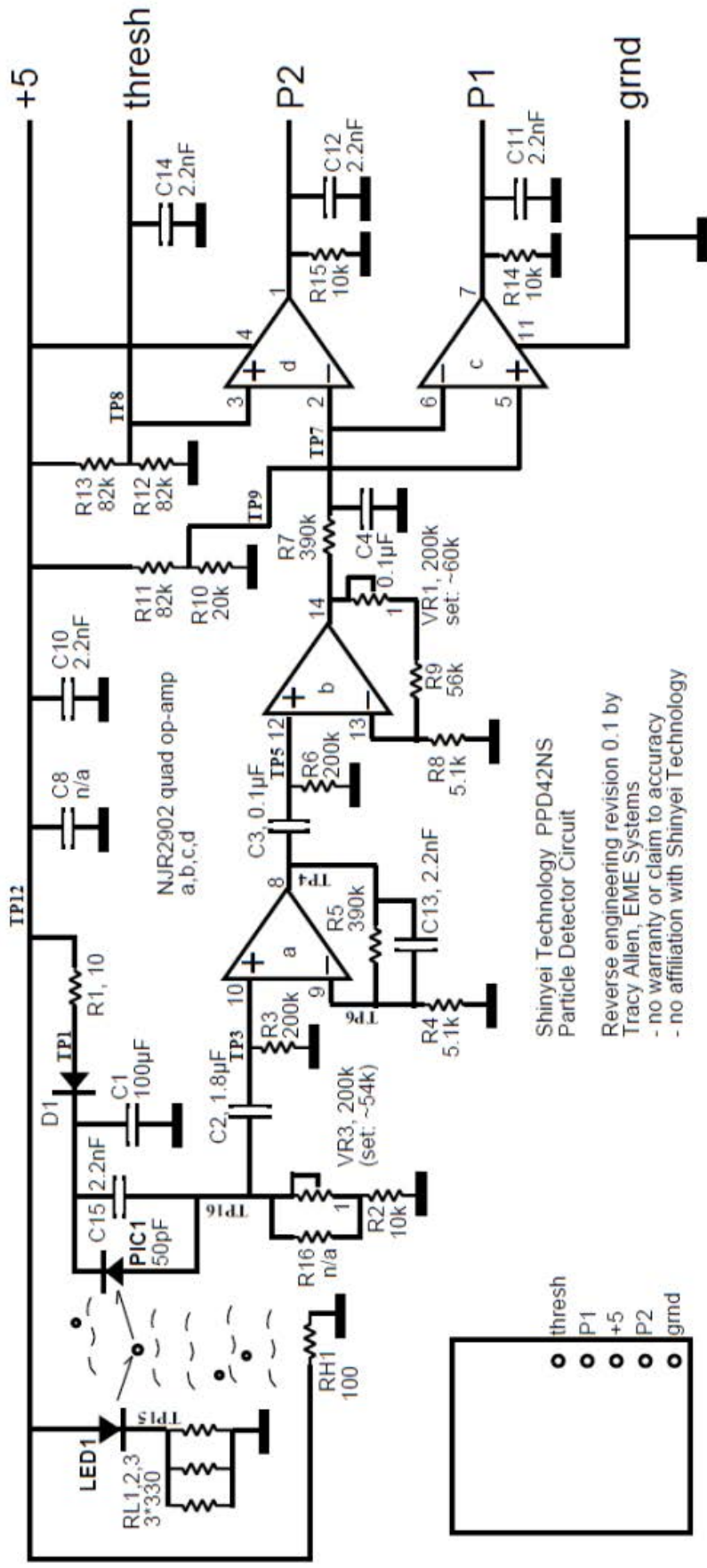
(articles 5 et 6 de l'arrêté du 30 Juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation)

LOCAL DE RÉCEPTION	TYPE D'ÉQUIPEMENT			
	Appareil individuel de chauffage, appareil individuel de climatisation du logement de réception	Installation de ventilation mécanique en position de débit minimal, bouches d'extraction comprises	Équipement individuel d'un autre logement	Équipement collectif du bâtiment tel que des ascenseurs, transformateurs, surpresseurs d'eau, vide-ordures, chaufferie, sous-stations de chauffage
Pièce principale	35 dB(A) (1)	30 dB(A)	30 dB(A)	30 dB(A)
Cuisine	50 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A) (2)

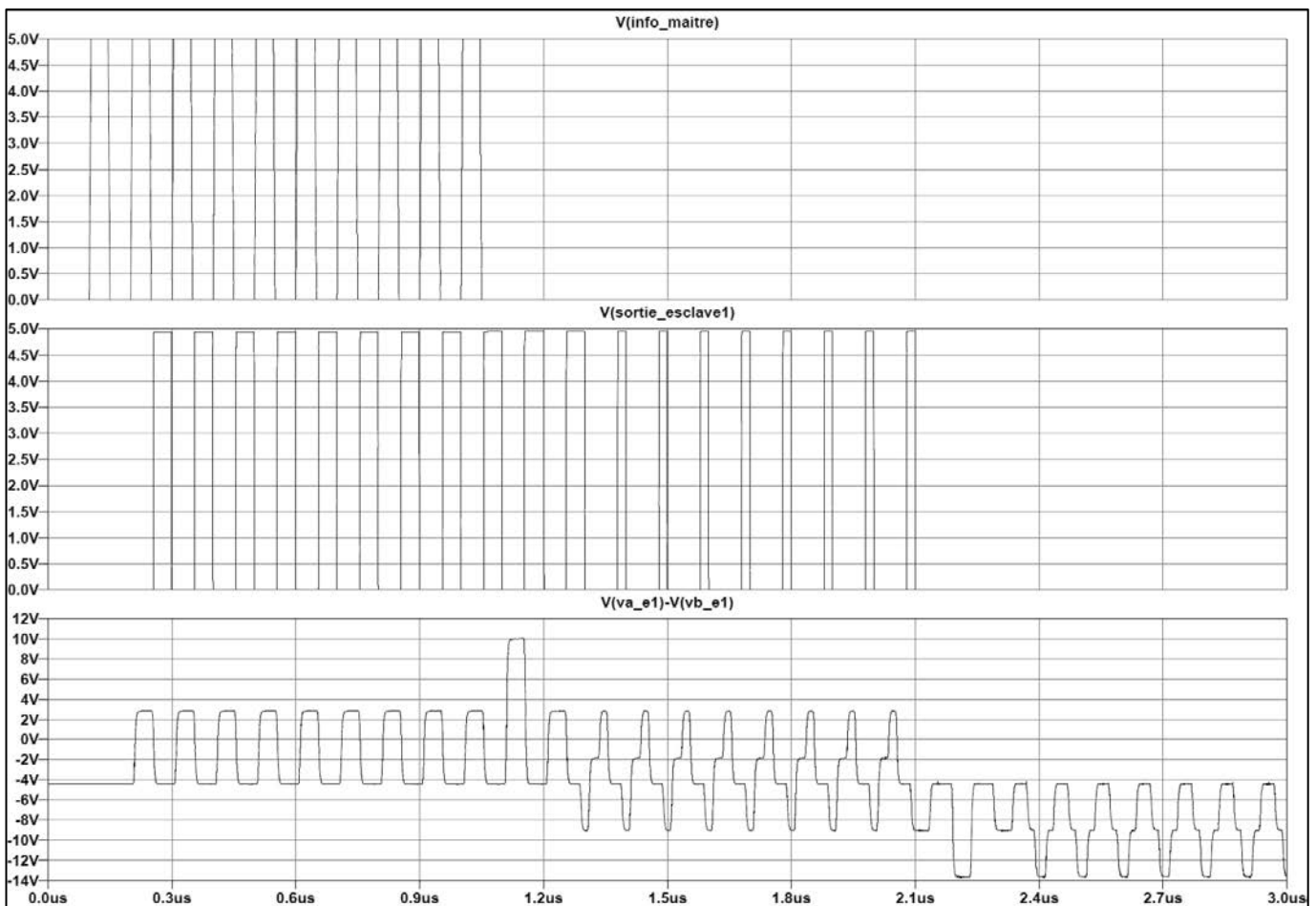
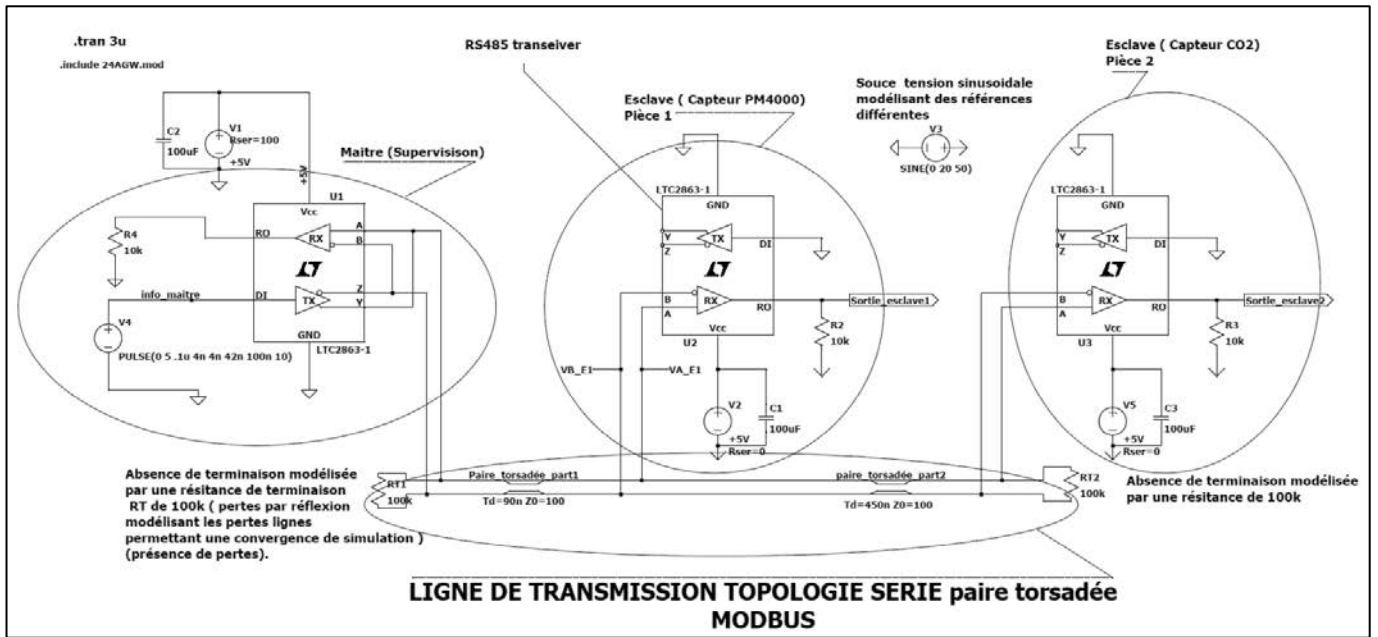
Diagramme des cas d'utilisation



DT3 – Capture et traitement analogique avant conversion et transmission



DT4 – Résultats de simulation d'une transmission sur ligne ouverte



DT5 – LE CAPTEUR PM4000 : Modbus RTU (Remote Terminal Unit)

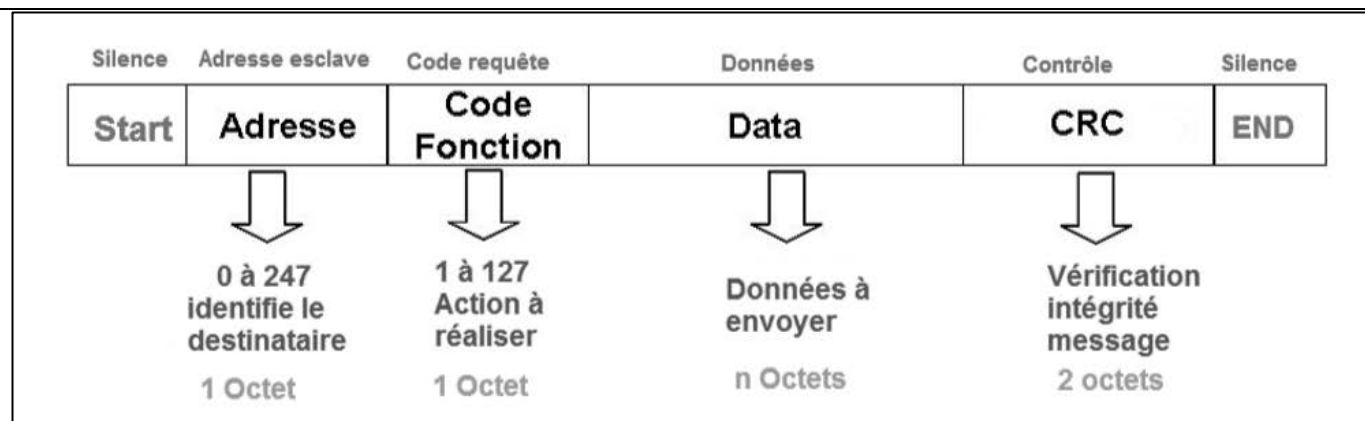


Figure 1 : composition d'une trame Modbus/RTU

Avant et après chaque message (trame), il doit y avoir un silence minimum de 3,5 fois le temps de transmission d'un caractère. L'ensemble du message doit être transmis de manière continue.

Extraits de la documentation constructeur du capteur PM:

Liste des registres et type d'accès

REGISTER #1 : Etat de la sonde	REGISTER #2 : Type de capteur	REGISTER #3 : Poids particules < 1µm	REGISTER #4 : Poids particules < 2.5µm	REGISTER #5 : Poids particules < 10µm
Lecture	Lecture	Lecture	Lecture	Lecture
4-CHAR = 16-BITS	4-CHAR = 16-BITS	4-CHAR = 16-BITS	4-CHAR = 16-BITS	4-CHAR = 16-BITS
REGISTER #6 : Nombre de PM1	REGISTER #7 : Nombre de PM2.5	REGISTER #8 : Nombre de PM10	REGISTER #9 : Version logiciel	REGISTER #10 : Commande capteur
Lecture	Lecture	Lecture	Lecture	Lecture / Ecriture
4-CHAR = 16-BITS	4-CHAR = 16-BITS	4-CHAR = 16-BITS	4-CHAR = 16-BITS	4-CHAR = 16-BITS

Le registre 10 est accessible uniquement dans les versions de sonde RTU à partir de la version logiciel 108.

Codage de la concentration des particules PM 2.5

Poids des particules < 2,5µm (en µg/m³) : Registre #4 (adresse 3) accès en lecture uniquement
 4-CHAR (16-BITS) :
 16 bits non signés

Vérification de l'intégrité du signal (CRC16) :

Le calcul va utiliser le principe de la division polynomiale. Côté réception, la trame complète avec le CRC est divisée par le polynôme générateur. Si le reste est nul, c'est que la trame de départ est la même que la trame d'arrivée.

Début

Faire la division euclidienne (trame reçue / polynôme générateur)

Si le reste est nul

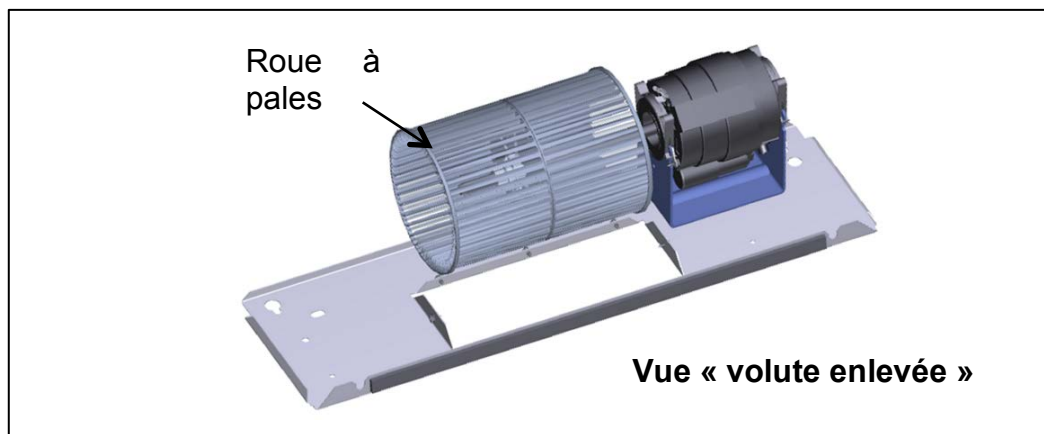
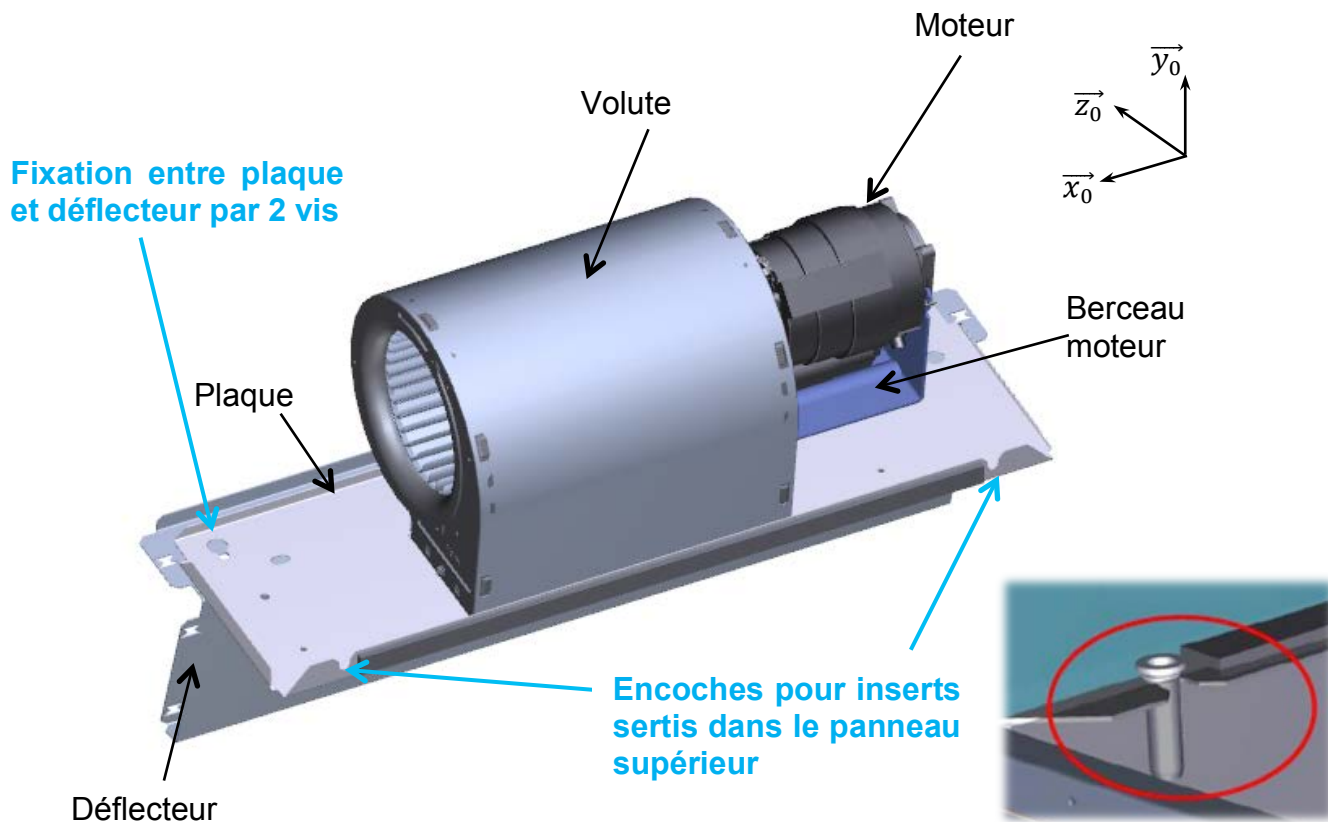
Alors la trame est correcte

Sinon ne pas considérer les données reçues et attendre nouvelles données

Fin

Les opérations d'addition et de soustraction sont réalisées bit à bit par une fonction logique ou-exclusif.

DT6 – Architecture du groupe moto-ventilateur

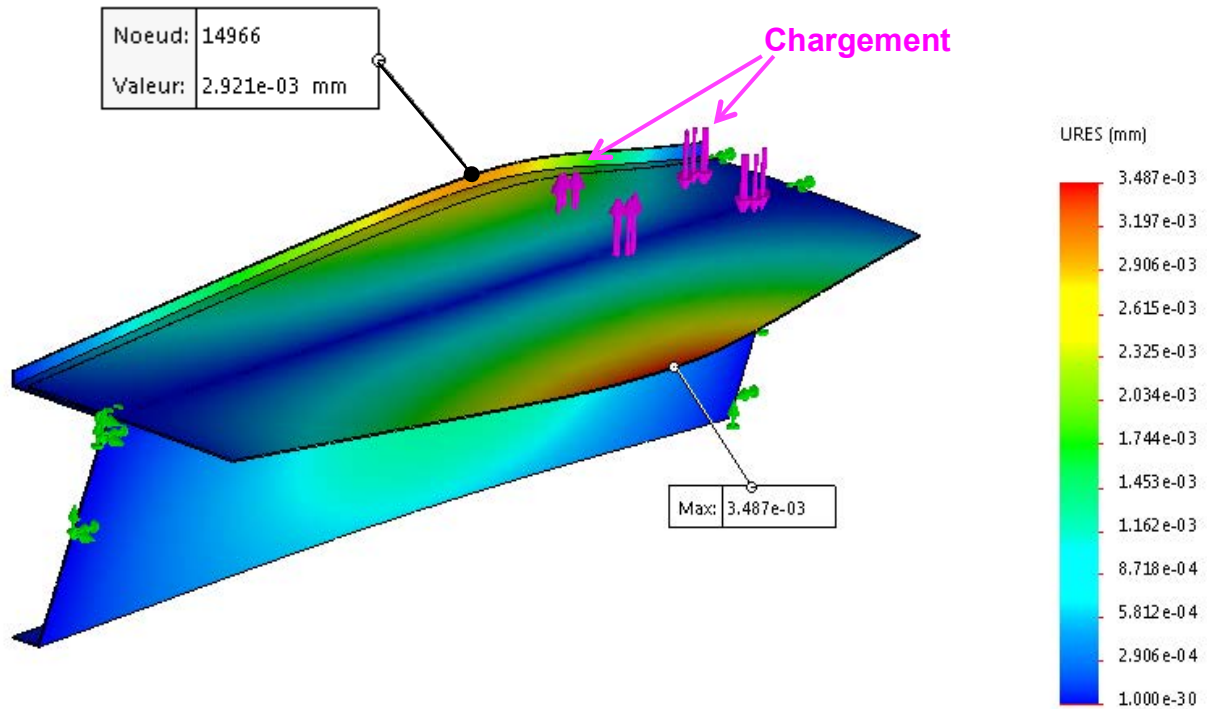


DT7 – Caractéristiques générales de l'unité de confort Comfort Line 32D

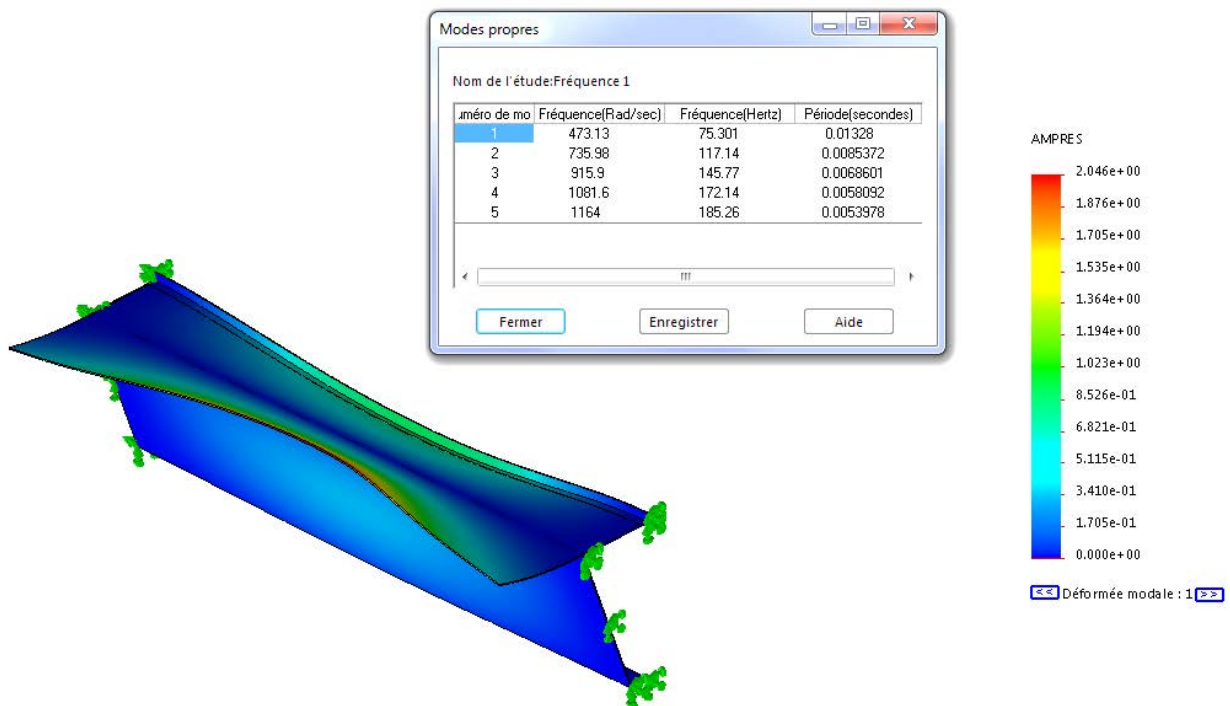
Fan speed setting	Voltage V	fan speed rpm	fan speed rad/s
V5	8	1210	127
V4	6,8	1040	109
V3	5,8	900	94
V2	4,5	700	73
V1	3,5	570	60

DT8 – Résultats de la simulation structure

Résultat de l'étude statique suite au chargement du berceau



Résultat de l'étude fréquentielle : allure de la déformée du premier mode et listes des fréquences propres



DT9 – Données techniques de l'unité de confort type gainable Comfort Line 32D



- **4 Comfort Line** (montage H) **32D HEE** pour les bureaux open space au R+1
 - Performances Pf **3.04 kW** – FCEER Classe **A** – FCCOP Classe **A**
 - Options : Diffuseurs Multifentes 600*300, pompe condensats, Kit adaptateur air neuf



UNITÉ DE CONFORT TYPE GAINABLE COMFORT LINE

Taille : 32D	Modèle : H	Montage : STD - Faux-Plafond
Moteur : HEE	Filtre : Aucun	Batterie électrique : Non
Fonction thermique : Chaud OU froid (2 tubes)		Puissance batterie électrique : - W

Classe énergétique au point Eurovent

Mode froid (FCEER) : -
Mode chaud (FCCOP) : -

Accessoires de diffusion pris en compte dans la sélection

Reprise : 3 Diffu. multifentes R 600X300 Epure plafond profil TE 1D200
Soufflage : 3 Diffu. multifentes S 600X300 plafond profil TE 1D200

Niveaux de puissance acoustique (Lw) par bandes d'octaves:

		Qv <small>nominal</small> m³/h	125 Hz dB(Lin)	250 Hz dB(Lin)	500 Hz dB(Lin)	1000 Hz dB(Lin)	2000 Hz dB(Lin)	4000 Hz dB(Lin)
Asp+Ray	V5	1045	55	57	57	54	51	42
	V4	811	51	53	52	48	43	34
	V3	662	48	49	48	43	37	27
	V2	488	44	44	42	36	29	18
	V1	375	41	40	38	31	23	<15
Soufflage	V5	1045	54	56	55	53	51	41
	V4	811	49	51	50	46	43	32
	V3	662	44	46	45	41	37	25
	V2	488	39	41	39	34	28	15
	V1	375	34	36	34	28	21	<15

Qv : Débit d'air Lw : Niveau de puissance acoustique en dB

Les niveaux de puissance acoustique indiqués dans le tableau ont été mesurés en chambre réverbérante selon la norme ISO 3743 (en accord avec la norme NF EN 23743). Les résultats sont présentés en bande d'octave de 125 à 4000 Hz en dB(Lin). Ils sont relatifs à la somme des puissances acoustiques engendrées par :

- la section d'aspiration seule,
- la section de refoulement seule,
- le bruit rayonné au travers de la carrosserie.

Le bruit de l'ensemble est égal à la somme logarithmique des trois sources.

DT10 – Memento acoustique

Calcul d'un niveau global :

À partir du découpage en bande de fréquences d'octave, le niveau global peut être calculé en appliquant la formule suivante :

$$L_{global} = 10 \log \left[\sum 10^{\frac{L_i}{10}} \right] = 10 \log (10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}})$$

Pondération A :

À la différence d'un sonomètre, l'oreille humaine n'a pas la même sensibilité pour toutes les fréquences. Afin d'obtenir un niveau sonore proche de celui perçu par l'oreille humaine, une pondération « physiologique » a été introduite en se basant sur des courbes isophonique (courbe d'égale sensibilité), il s'agit de la pondération A.

Un niveau sonore pondéré est exprimé en dB(A).

$$L_w \text{ (dB(A))} = L_w \text{ (dB)} + \text{pondération A}$$

Sur les bandes d'octave, la pondération A introduit les corrections suivantes :

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Correction en dB	-16.1	-8.6	-3.2	0	+1.2	+1

Atténuation dans les gaines acoustiques :

Pour un appareil gainable, il faut prendre en compte l'atténuation des gaines (utilisation de gaines acoustiques dont l'atténuation globale est estimée à 4 dB/m) ainsi que la régénération du bruit par les grilles de soufflage et d'aspiration. Celle-ci dépend de la vitesse de l'air et de la forme des grilles. On peut néanmoins estimer qu'il n'y aura pas de régénération car la vitesse de l'air n'excède pas 5 m/s au passage des diffuseurs.

Niveau acoustique en champ direct et réverbéré :

Dans un local, la pression acoustique reçue en un point de l'espace résulte de l'effet conjugué d'une onde directe et de toutes les ondes réfléchies.

- *En champ direct :*

$$L_{p\text{direct}} = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right)$$

Q = facteur de directivité

r = distance entre la source sonore et le point d'écoute P en m.

- *En champ réverbéré (formule de Sabine) :*

$$T_r = 0.16 \frac{V}{A}$$

avec V : volume de la pièce en m³ ; A : aire d'absorption du local en m² ; T : temps de réverbération en s.

$$R = \frac{A S}{S - A}$$

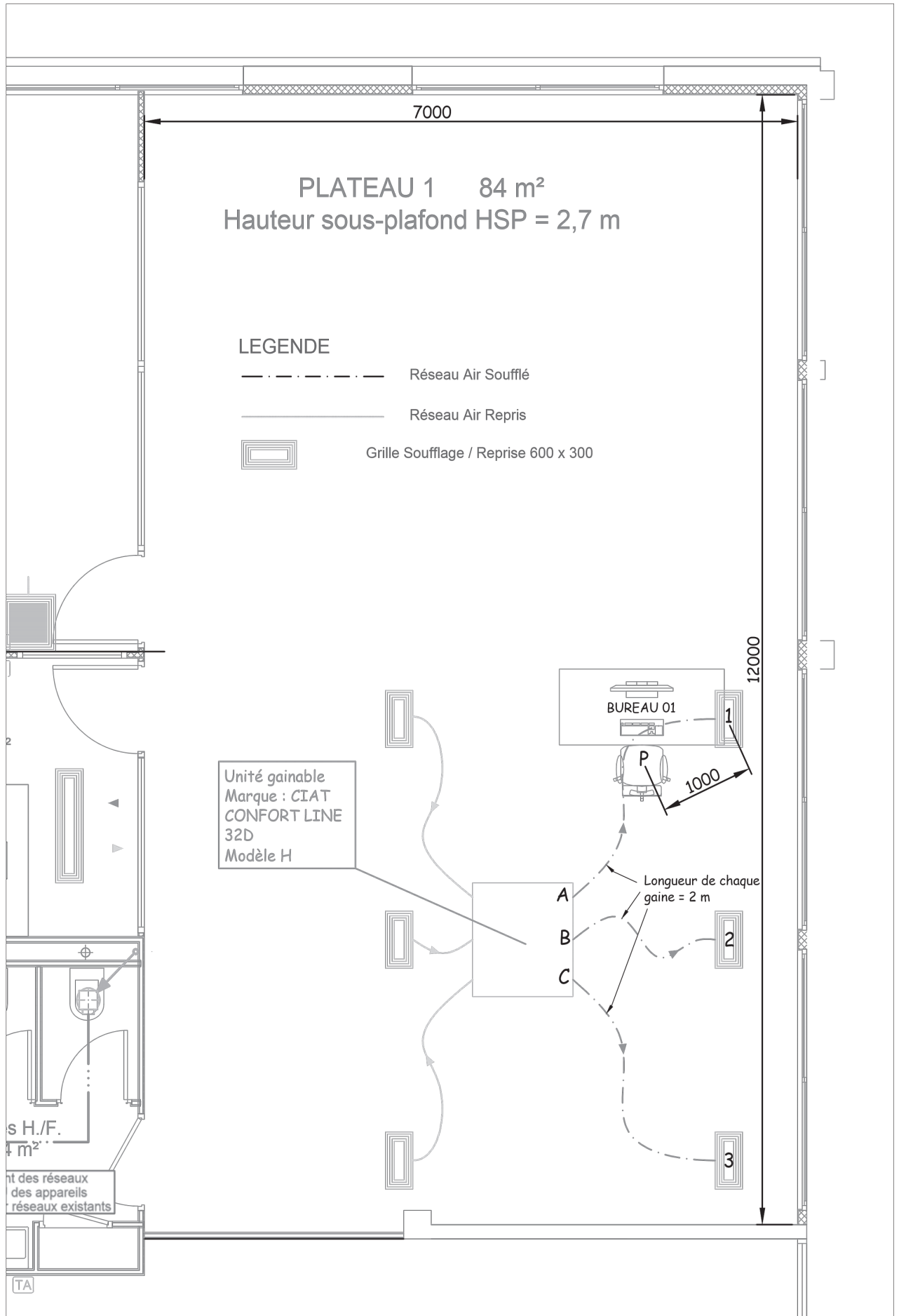
avec S : surface des parois de la pièce en m² ; A : aire d'absorption du local en m² ; R : constante de la salle en m².

$$L_{p\text{réverbéré}} = L_w + 10 \log \left(\frac{4}{R} \right)$$

- *En champ direct et réverbéré :*

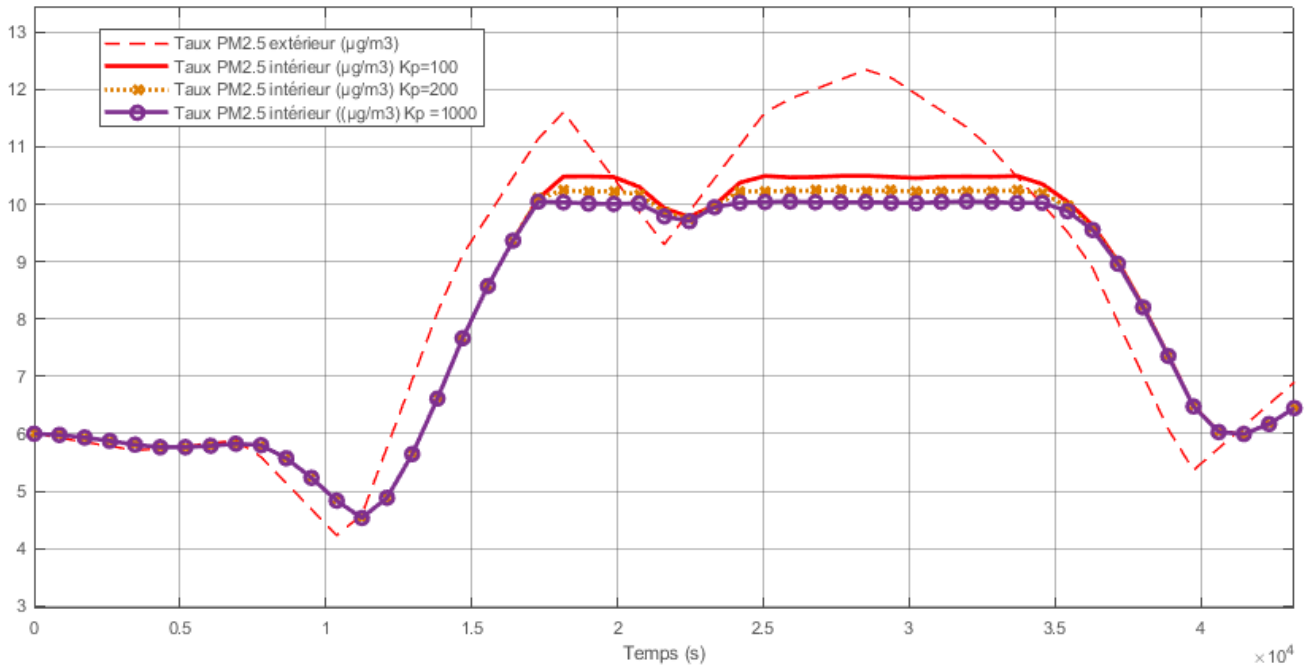
$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

DT11 – Plan du 1^{er} étage plateau 1

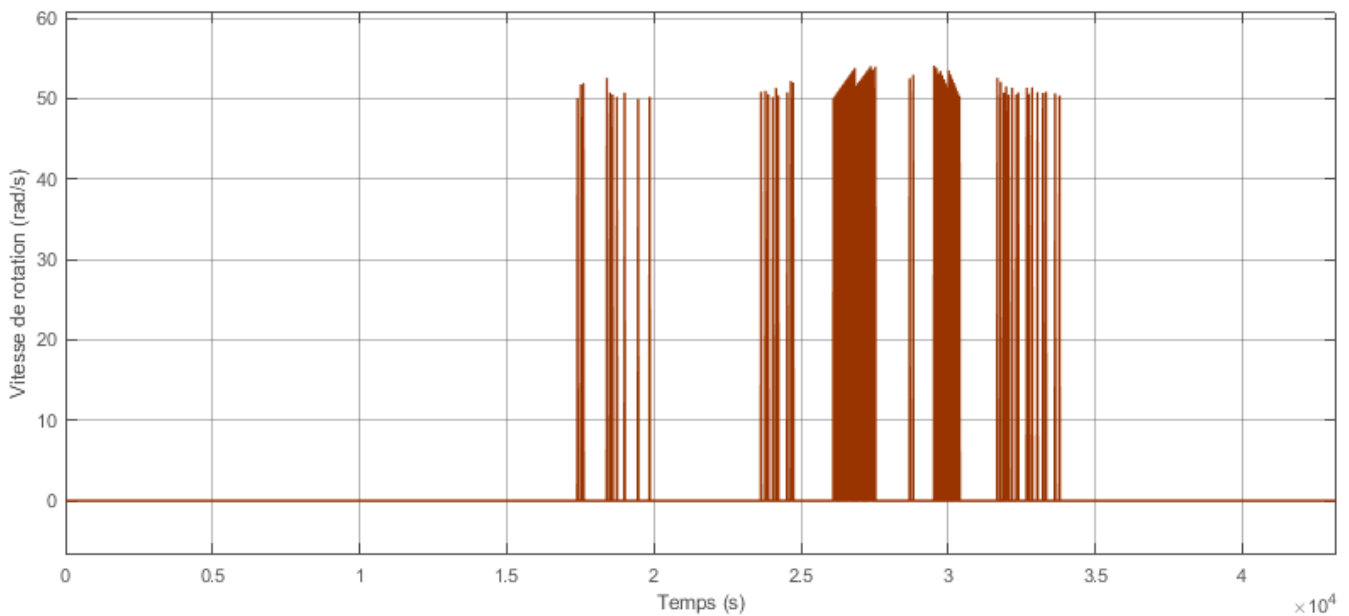


Résultats de la simulation 1 : Stratégie proportionnelle

Courbes 1 (influence de Kp)



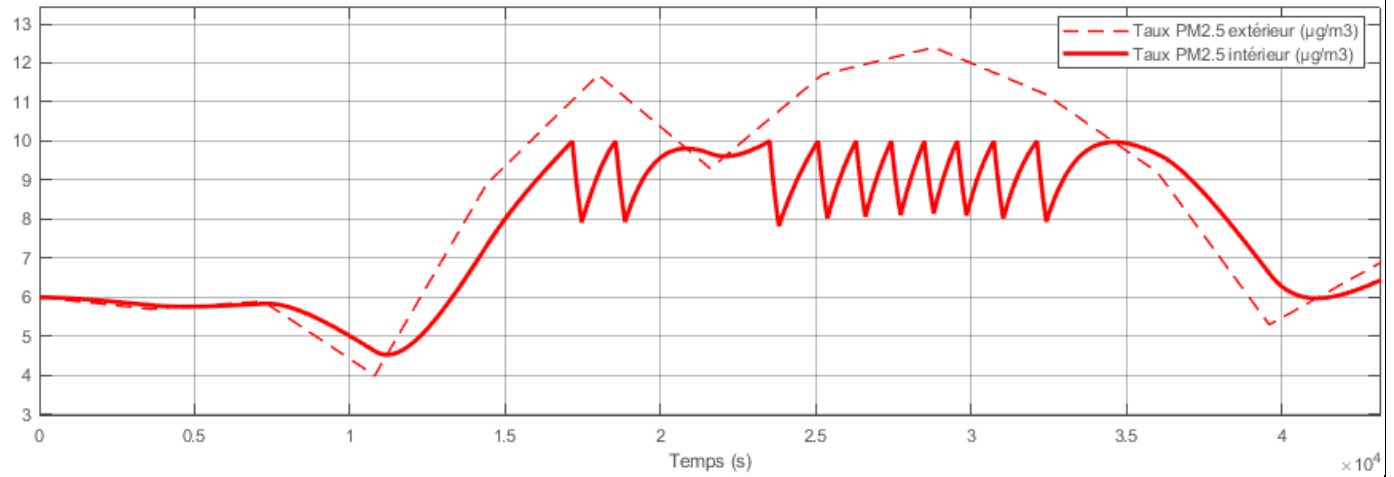
Courbe 2 pour Kp = 1000



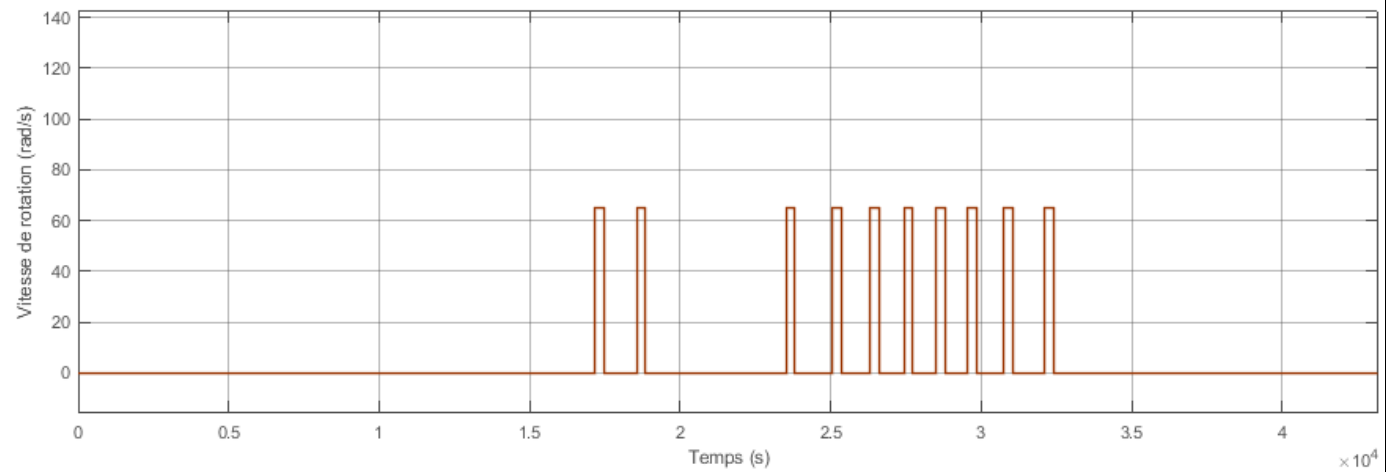
DT12 2/2 – Résultats de la simulation multiphysique

Résultats de la simulation 2 : Stratégie CIATControl

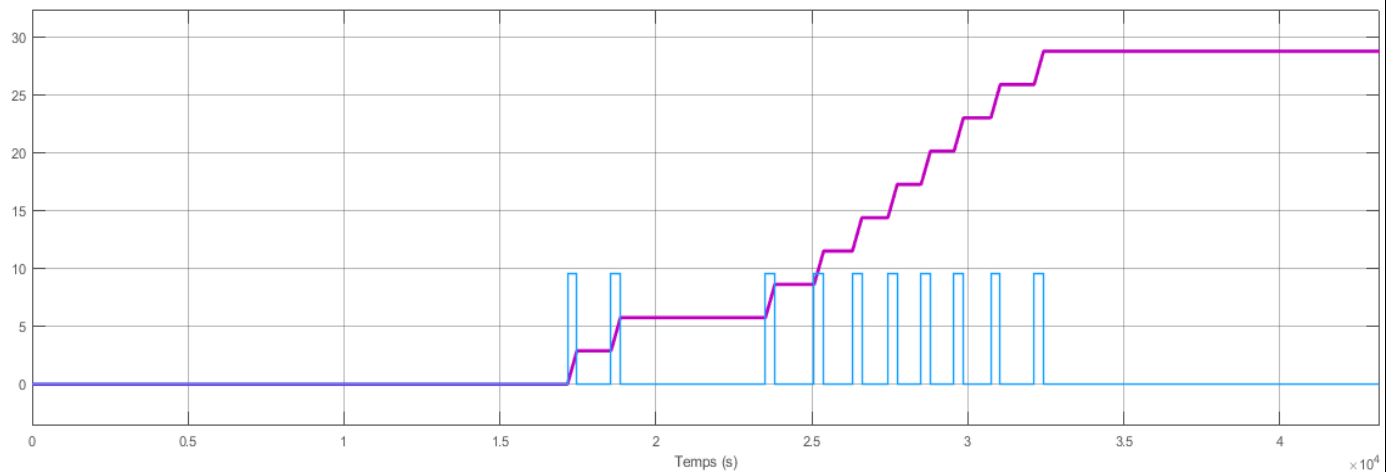
Courbes 1



Courbe 2



Courbes 3 (définies dans le document réponse DR3)



DOSSIER PÉDAGOGIQUE (DP1 à DP3) - Documents spécifiques à l'exploitation pédagogique

DP1	Compétences et connaissances associées en STI2D	Page 37 à 39
DP2	Connaissances en STI2D	Page 40 à 49
DP3	Fiche de définition de projet E3C STI2D	Page 50

DP1 1/3 – Compétences et connaissances associées en STI2D

Objectifs de formation	Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances
Dimension socio-culturelle O1 - Caractériser des produits ou des constituants privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable	CO1.1. Justifier les choix des structures matérielles et/ou logicielles d'un produit, identifier les flux mis en œuvre dans une approche de développement durable	X	XX	XX	1-3 / 1-4 / 1-5 / 2-1 / 4-2
	CO1.2. Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et de design	X	XX	XX	1-1 / 1-3 / 1-5 / 2-1
	CO1.3. Justifier les solutions constructives d'un produit au regard des performances environnementales et estimer leur impact sur l'efficacité globale		XX	XX	1-5 / 3-1 / 3-3 / 4-1 / 4-3 / 5
Dimension scientifique et technique O2 - Identifier les éléments influents du développement d'un produit	CO2.1. Décoder le cahier des charges d'un produit, participer, si besoin, à sa modification	XX		XX	1-1 / 1-2
	CO2.2. Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique	XX		XX	1-1 / 1-3 / 1-4 / 1-5
	CO3.1. Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un produit ainsi que ses entrées/sorties		XX	XX	1-2 / 2 / 4-1 / 4-3 / 5
	CO3.2. Identifier et caractériser l'agencement matériel et/ou logiciel d'un produit		XX	XX	1-2 / 2 / 4-1 / 4-3 / 5
Dimension scientifique et technique O3 - Analyser l'organisation fonctionnelle et structurelle d'un produit	CO3.3. Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un produit ou d'un processus	X	XX	XX	5
	CO3.4. Identifier et caractériser des solutions techniques	X	XX	XX	1-2 / 2-3 / 2-4 / 3-4 / 4-3 / 6-3 / 1-2 / 2 / 4-3 / 5 / 6-2
Dimension communicative O4 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère	CO4.1. Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés	XX	X	XX	1-1 / 1-2 / 2 / 4-1
	CO4.2. Décrire le fonctionnement et/ou l'exploitation d'un produit en utilisant l'outil de description le plus pertinent	X	XX	XX	1-1 / 1-2 / 2 / 4-1
	CO4.3. Présenter de manière argumentée des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère	X	XX	XX	1-1 / 1-2 / 4-1 / 4-2 / 6-2

DP1 2/3 – Compétences et connaissances associées en STI2D

<p align="center">Dimension ingénierie design</p> <p align="center">O5 – Imaginer une solution, répondre à un besoin</p>	<p>CO5.1. S'impliquer dans une démarche de projet menée en groupe</p> <p>CO5.2. Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un produit (approche matière – énergie – information)</p> <p>CO5.3. Mettre en évidence les constituants d'un produit à partir des diagrammes pertinents.</p> <p>CO5.4. Planifier un projet (diagramme de Gantt, chemin critique) en utilisant les outils adaptés et en prenant en compte les données technico-économiques</p> <p>CO5.5. Proposer des solutions à un problème technique identifié en participant à des démarches de créativité, choisir et justifier la solution retenue</p> <p>CO5.6. Participer à une étude de design d'un produit dans une démarche de développement durable</p> <p>CO5.7. Définir la structure matérielle, la constitution d'un produit en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues</p>	<p>XX XX X XX XX XX XX</p>	<p>X XX X X X X X</p>	<p>XX XX XX XX XX XX XX</p>	<p>1-1 1 / 2-1 / 4-3 1-1 / 1-2 / 2 / 5 1-1 1-1 / 1-3 / 1-4 / 4-2 / 4-3 / 5 / 6-2 1-1 / 1-3 / 1-4 / 1-5 / 4 1 / 2-3 / 2-4 / 4 / 5</p>
--	--	--	---	---	--

DP1 3/3 – Compétences et connaissances associées en STI2D

Objectifs de formation	Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances
Dimension scientifique et technique O6 – Préparer une simulation et exploiter les résultats pour prédire un fonctionnement, valider une performance ou une solution	CO6.1. Expliquer des éléments d'une modélisation multiphysique proposée relative au comportement de tout ou partie d'un produit		XX	XX	1-2 / 2-3 / 2-4 / 3 / 5-2 / 5-3
	CO6.2. Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation multiphysique	X	XX	XX	3 / 6-3
	CO6.3. Évaluer un écart entre le comportement du réel et les résultats fournis par le modèle en fonction des paramètres proposés, conclure sur la validité du modèle	X	XX	XX	3 / 6-3
	CO6.4. Choisir pour une fonction donnée, un modèle de comportement à partir d'observations ou de mesures faites sur le produit	X	XX	XX	3 / 6-3
Objectifs de formation	Compétences développées	IT	I2D	2I2D	Connaissances
Dimension d'ingénierie design O7 – Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes	CO7.1. Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenus en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial.	XX		XX	1-2 / 6
	CO7.2. Mettre en œuvre un scénario de validation devant intégrer un protocole d'essais, de mesures et/ou d'observations sur le prototype ou la maquette, interpréter les résultats et qualifier le produit	X	XX	XX	XX

1. Principes de conception des produits et développement durable

1.1. La démarche de projet									
1.1.1. Les projets industriels	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
1.1.1.1.	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
1.1.1.2.	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
1.1.1.3.	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
1.2. Outils de l'ingénierie système									
1.2.1.	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
1.2.2.	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
1.3. Compétitivité des produits									
1.4. Créativité et innovation technologique									
1.5. Approche environnementale									
1.5.2. Mise à disposition des ressources									
<ul style="list-style-type: none"> Coûts relatifs, disponibilité, impacts environnementaux des matériaux. 	<p>PC : l'énergie et ses enjeux.</p> <p>PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux.</p>	IT	2	AC	ITEC	EE	SIN	<p>Les études de dossiers technologiques doivent permettre l'identification des paramètres influant sur le coût de l'énergie et sur sa disponibilité : localisation et ressources estimées, complexification de l'extraction et des traitements nécessaires, choix du mode de transport et de distribution.</p>	
1.5.3. Utilisation raisonnée des ressources									
<ul style="list-style-type: none"> Propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques des matériaux. 	<p>PC : l'énergie et ses enjeux.</p> <p>PC : organisation de la matière, propriétés des matériaux.</p>	IT	2	AC	ITEC	EE	SIN	<p>Commentaires</p> <p>Uniquement en complément du programme de physique chimie.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> Impacts environnementaux associés au cycle de vie du produit : <ul style="list-style-type: none"> conception (optimisation des masses et des 			2	3	3	3		<p>Approche comparative sur des cas d'optimisation. Ce concept est abordé à l'occasion d'études de dossiers techniques globales portant sur les différents champs technologiques.</p>	

assemblages) ; contraintes d'industrialisation, de réalisation, d'utilisation (minimisation et valorisation des pertes et des rejets) et de fin de vie.												
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité énergétique d'un produit. 											2	3
												Minimisation de la consommation énergétique. Apport de la chaîne d'information associée à la commande pour améliorer l'efficacité globale d'un produit.

2. Approche fonctionnelle et structurelle des produits

2.1.1. Représentation des flux MEI												
	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires				
<ul style="list-style-type: none"> ■ Notion de flux et de stock. ■ Principaux flux de transfert de matière, d'énergie, d'information. ■ Principes de caractérisation des flux, unités, calcul. 	Liens sciences PC : Énergie interne.		2			3		Différencier et identifier sur un produit les principaux flux (déplacement, transfert) et principaux stocks (accumulation). Caractériser les flux liés à la circulation ou au transfert de la matière, de l'énergie et de l'information (débit surfacique, volumique, flux lumineux, thermique, courant électrique...)				
<ul style="list-style-type: none"> ■ Diagrammes de blocs internes IBD (Internal Block Diagram) SysML. 			2		3	3	3	Ces diagrammes sont abordés en lecture, et en modification partielle sur des diagrammes simples. Il est également possible d'utiliser des représentations simplifiées des chaînes d'énergie ou d'information (dans le contexte de l'optimisation de la gestion d'énergie) adaptées à une partie du produit étudié.				
<ul style="list-style-type: none"> ■ Diagrammes de SANKEY (représentation qualitative et quantitative des flux de matière, énergie et information). 			2	3		3		Analyse des flux MEI (Matière, Énergie, Information) d'un produit, sur des diagrammes fournis. Création ou modification de diagrammes simples. Analyse globale des flux du produit (bilan énergétique, bilan d'approvisionnement en matière ou fluides ...)				

2.2. Approche fonctionnelle et structurelle des ossatures et des enveloppes									
2.3. Approche fonctionnelle et structurelle des chaînes de puissance									
2.4. Approche fonctionnelle et structurelle d'une chaîne d'information									
2.4.1. Typologie des chaînes d'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Notion de chaîne d'information. ■ Principales fonctions relatives à la chaîne d'information : acquérir, traiter, communiquer. ■ Caractérisation des fonctions. Représentation graphique d'une chaîne d'information.	PC : introduction à la notion d'onde.		2			3	3	<p>La représentation graphique d'une chaîne d'information est réalisée par des schémas blocs.</p> <p>Se limiter à la caractérisation externe des fonctions.</p> <p>Insister sur les organisations très variées dans lesquelles ces fonctions peuvent s'organiser ou s'enchaîner, notamment dans le cas où est utilisée une représentation simplifiée des chaînes d'information.</p>	
2.4.2. Acquisition et restitution de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Acquisition d'une grandeur physique (principe, démarches et méthodes, notions requises). 	PC : mesures et incertitudes.		2				3	<p>Prélèvement de l'information (grandeurs physiques, états logiques, valeurs numériques) depuis le produit, son environnement ou l'IHM (Interface Homme Machine).</p> <p>Grandeurs mesurées et grandeurs d'influence ; signal restitué.</p> <p>Caractéristiques utiles : étendue de mesure, résolution, sensibilité, précision, fonction de transfert et linéarité.</p> <p>Choix d'un dispositif d'acquisition adapté à un objectif donné.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Conditionnement d'une grandeur électrique (mise en forme, amplification, filtrage). 			2				3	<p>La notion de filtrage est étudiée dans le cadre d'un filtre passe-bas du premier ordre, servant à lisser une information sur amplitude ou à atténuer le bruit parasite. Seul le niveau fonctionnel de l'amplification est abordé, la fonction est réalisée par des circuits intégrés spécialisés.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Conversion Analogique/Numérique (CAN). 			2				3	<p>CAN : caractéristiques utiles à leur mise en œuvre (grandeur d'entrée, grandeur de sortie, caractéristique de transfert, Nombre de bits, résolution, quantum, valeur pleine échelle). La structure interne des CAN n'est pas développée.</p>	

2.4.3. Codage et traitement de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> Encodage de l'information : binaire, hexadécimal, ASCII. 			2				3	<p>Identification du type de codage.</p> <p>En première se limiter aux règles de numération et aux changements de base binaire/décimal et décimal/binaire.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Algorithmique. 	Mathématiques : algorithmique et programmation		2			3	3	Structures conditionnelles, itératives. Utilisation de variables (type, taille, etc.). Appel de procédures/sous-programme.
<ul style="list-style-type: none"> Traitement numérique. 			2				3	Le traitement numérique est limité aux opérateurs arithmétiques. Les effets de bords liés à la taille des données, aux capacités de stockage, aux temps de traitement sont mis en évidence.
<ul style="list-style-type: none"> Compression de données. 							2	Seules des notions de taux de compression sont étudiées ici à travers des exemples simples.
2.4.4. Transmission de l'information	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> Typologie des transmissions. 	PC : les ondes électromagnétiques		2				3	<p>Connections point à point (filaire, sans fil).</p> <p>Typologie des réseaux (étoile, anneau à jeton, etc.)</p>
<ul style="list-style-type: none"> Architecture d'un réseau informatique. 			2				3	<p>Modèle en couche des réseaux : se limiter à la description du modèle OSI.</p> <p>Protocoles et encapsulation des données.</p> <p>Adresse physique et adresse logique. On se limite au protocole IPV4.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Architecture Client/Serveur. 			1				2	<p>Serveur Web : distribution AMP (Apache + MySQL + Php) ou autre distribution équivalente. Serveur DHCP et serveur de nom de domaine (DNS).</p>
2.4.5. Structure d'une application logicielle	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> Organisation structurelle d'une application logicielle : (programme principal, interfaces, entrées-sorties, sous programmes, procédures, fonctions). 	Mathématiques : algorithmique et programmation.		2			3	3	<p>Analyse de la constitution d'une application logicielle en termes de programme principal, interfaces, entrées et sorties, sous-programmes, procédures, ou fonctions. Représentation graphique schématique de la structure.</p>

3. Approche comportementale des produits

3.1. Modélisations et simulations									
3.1.1.1. Proiciels de simulation	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Typologie des progiciels. ■ Critères de choix. 			2		3			<p>Les principaux outils de modélisation simulables sont abordés, en définissant précisément le domaine d'application :</p> <ul style="list-style-type: none"> - modèle volumique ; - modèle multiphysique ; - modèle fonctionnel (de type schéma-bloc) ; - modèle comportemental (de type diagramme d'états/activités) ; - modèle de régression (de type tableur). 	
3.1.2. Paramétrage d'un modèle	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Variables internes, variables externes. 			2		3			<p>Sous l'expression « variable interne » sont considérés les paramètres d'un modèle de type « boîte noire », paramètres de constituants physiques.</p> <p>Sous l'expression « variables externes » est entendu le signal temporel, pour les liens hors modèle multi-physique (de type schéma-bloc).</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Notion de grandeur flux, grandeur effort. 			2			3		<p>Différencier un flux MEI d'une « grandeur flux » d'un modèle multiphysique.</p> <p>Identifier les principales grandeurs flux et grandeur effort pour différentes technologies :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mécanique (force ou couple / vitesse ou vitesse angulaire) ; - électrique (tension / courant) ; - hydraulique (Pression / débit volumique). 	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Entrées, sources de simulation. 			2			3		L'accent est mis sur les principales sources utilisées en simulation et leur paramétrage.	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Sorties, rendus des résultats. 			2			3		Se limiter aux blocs de rendu graphique et à leur paramétrage.	

3.1.3. Paramétrage d'une simulation	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> ■ Typologie des solveurs, pas d'intégration. 			2					<p>Se limiter aux notions de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pas d'intégration : mettre en évidence la discrétisation des calculs numériques à des temps précis, et l'interpolation linéaire effectuée entre deux temps successifs ; - solveur à pas variable : les temps de calculs sont calculés « à la volée » pour s'adapter au mieux aux variations des résultats ; - solveur à pas fixe. <p>Mettre en exergue les avantages et inconvénients des 2 types de solveurs (adaptation aux variations de signal, temps de calcul), et évoquer les solveurs de type « stiff » pour la prise en compte de non-linéarités éventuelles.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Compromis précision / temps de simulation. 			2					
3.1.4. Post-traitement et analyse des résultats	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> ■ Principaux traitements de données postérieurs aux résultats issus de simulation. ■ Interprétation des résultats d'une simulation : courbe, tableau, graphe, unités associées. 	Math tronc commun : analyse, statistiques et probabilités.		2		3			Exploiter ou affiner des résultats issus d'une simulation par traitement postérieur des données.
3.2. Comportement mécanique des produits								
3.3. Comportement énergétique des produits								
3.4. Comportement informationnel des produits								
3.4.5. Comportement des systèmes régulés ou asservis	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> ■ Représentation d'une boucle de régulation ou d'asservissement. 			2			3		Il s'agit d'étudier l'organisation fonctionnelle d'une boucle de régulation ou d'asservissement.

4. Eco-conception des produits

4.1. Outils de représentation du réel									
4.1.1.	Représentation numérique des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
4.2. Démarches de conception									
4.2.1.	Amélioration de la performance environnementale d'un produit	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
4.2.2.	Choix des matériaux	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
4.2.3.	Choix des constituants	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
	<ul style="list-style-type: none"> Choix d'une solution : critères de choix associés à une conception ou à l'intégration d'une solution dans un produit - coût, fiabilité, environnement, ergonomie et design - Matrice de comparaison de plusieurs critères. 		2		3	3	3		<p><i>En articulation avec le chapitre « solutions constructives ».</i></p> <p><i>En classe de première, la matrice de comparaison est fournie pour tout ou partie.</i></p> <p><i>En classe de terminale, la matrice peut être élaborée dans le cadre des projets.</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> Choix de solutions logicielles, d'une unité de traitement et des interfaces. 		2					3	<p><i>Choix des librairies adaptées.</i></p> <p><i>Choix d'un environnement de développement intégré (IDE).</i></p> <p><i>Choix d'une unité de traitement à base de microcontrôleur, de nano contrôleur (objet connecté - Internet of Thing) ou d'un nano ordinateur, au regard du format et du volume des données à traiter, de la puissance de calcul nécessaire et du besoin de stockage.</i></p> <p><i>Choix des interfaces et des protocoles de communication entre les constituants au regard du nombre, du type et du format des entrées/sorties.</i></p>

4.3. Conception des produits									
4.3.1. Les réseaux intelligents	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Structures des réseaux (routiers, informatiques, énergétiques) : — principales caractéristiques : maillé, étoile ; — composants principaux : nœuds, branches, flux, supervision et pilotage intelligent des réseaux. 			2					<p>Il s'agit de montrer des convergences de problématiques, de modalités d'analyse et de solutions constructives, pour étudier et concevoir des ouvrages en réseaux : routiers, informatiques, d'énergie, d'adduction de fluides, d'assainissement...</p> <p>Analyse comparée des problématiques rencontrées (gestion de flux, encombrements, redondance de sécurité...) et des solutions y répondant (structure des réseaux, équipements de gestion ...).</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Réseaux de transport (fluides) et réseaux communicants. 	<p>PC : L'énergie électrique.</p> <p>PC : Énergie mécanique.</p>		2	3				<p>Il s'agit de différencier les différents réseaux secs et humides et leurs caractéristiques principales (adduction d'eau potable, assainissement, fibre ...).</p> <p>Insister sur le maillage et l'importance et les nœuds de connexion, afin d'assurer la continuité du service.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Structure d'un réseau de transport et de distribution d'énergie électrique alternatif, caractéristiques et pertes. ■ Distribution et répartition de l'énergie. 			2					<p>Il s'agit de découvrir l'intérêt du maillage et de la distribution de l'énergie sur le territoire afin d'obtenir un mix énergétique approprié.</p> <p>Il est important ici d'insister sur l'adaptation de la production à la demande.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Gestion des réseaux de transport et de distribution de l'énergie, multiplicité et complémentarité des divers procédés (production, stockage, ...). ■ Production décentralisée et coopérative, cogénération. ■ Optimisation énergétique et performance environnementale. 			2					<p>Les nouvelles stratégies de gestion des réseaux d'énergie sont abordées au travers de cas d'étude (réseaux « intelligents ») aussi bien dans une voiture hybride qu'à l'échelle d'un bâtiment, d'un quartier ou bien d'une ville entière ...</p> <p>La performance environnementale est abordée au travers d'une analyse fine de l'usage et d'une meilleure relation avec l'action des usagers (transformation des comportements) afin d'optimiser la consommation énergétique (hybridation, récupération d'énergie ...) grâce à la généralisation du numérique et des objets connectés.</p>	

4.3.2. Conception bioclimatique, pré dimensionnement des structures et ouvrages	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
4.3.3. Efficacité énergétique passive et active d'un produit	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> ■ Enveloppe du bâtiment, isolation. 	PC : Organisation de la matière, propriétés des matériaux. PC : Énergie interne.		2	3				Principe de l'analyse des apports et dépenses énergétiques dans une construction. Identification des principaux apports et dépenses énergétiques. Bilan énergétique sur une construction complète à l'aide d'un logiciel de simulation numérique.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Rendement énergétique des équipements techniques du bâtiment. 			2					À partir d'études de cas reposant sur l'étiquetage énergétique des produits, il s'agit de mettre en perspective les performances énergétiques d'un équipement en lien avec les changements d'habitude du consommateur.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Conception de fonctionnalités intelligentes à caractère domotique et immotique. 			2				3	Il s'agit par une approche systémique et globale de gestion de l'énergie de travailler sur le pilotage automatisé du bâtiment en fonction de leurs usages.
4.3.4. Conception numérique d'une pièce	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
4.3.5. Conception informationnelle des produits	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bilan et nature des entrées-sorties. ■ Structures de programmation. ■ Fonctions logicielles. ■ Méthodes et des propriétés utiles en lien avec les librairies choisies. ■ Types de variables. ■ Diagrammes de description. 	Math : algorithmique et programmation.		2				3	Lister les entrées et les sorties du système en fonction de leur nature (analogique, logique, numérique). Identifier, pour les librairies utilisées, les méthodes utiles ainsi que les propriétés de celles-ci. Le choix des diagrammes retenus pour décrire le système est motivé par l'intention de communiquer à l'écrit comme à l'oral.
<ul style="list-style-type: none"> ■ Codage dans un langage spécifique. ■ Règles d'écriture (organisation du code, commentaires, documentation...). 			2				3	Les langages Python et C++ sont à utiliser. Pour l'écriture de pages web on utilisera HTML/CSS et PHP.

■ Mise au point										2					3	Débogage (pas à pas, point d'arrêt, ...) Intégration et fusion de différents programmes en un programme unique.
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	---	---

5. Solutions constructives

5.1. Constituants des ossatures et enveloppes

5.2. Constituants de puissance

5.3. Constituants de l'information

6. Prototypage et expérimentations

6.1. Moyens de prototypage rapide

	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Prototypage de pièces et de la chaîne d'information.		2			3			Les activités pratiques de prototypage rapide relèvent des activités classiques d'un fablab. La chaîne numérique est complète et continue.
■ Coulage de pièces prototypées en résine et/ou en alliage métallique.					3			Prototypage de pièces de petites dimensions en « bonne matière », alliages d'aluminium ou cuivreux.
■ Virtualisation de solutions logicielles.							2	Privilégier les logiciels permettant l'exécution de machines virtuelles (VM pour « Virtual Machines »).

6.2. Expérimentations et essais

6.3. Vérification, validation et qualification du prototype d'un produit

	Liens sciences	IT	I2D	AC	ITEC	EE	SIN	Commentaires
■ Intégration des éléments prototypés du produit.		2			3			Vérifier la conformité aux spécifications fonctionnelles nécessaires à l'intégration des éléments prototypés en un produit avant assemblage.
■ Mesure et validation de performances.	PC : Mesures et incertitudes. Math : statistiques et probabilités.	2			3			Ces activités s'effectuent dans le cadre des projets, sur des dispositifs expérimentaux et instrumentés liés aux supports étudiés. Elles permettent de faire apparaître les écarts entre les résultats de simulation et le comportement réel d'un produit.



Annexe

Session :

Insérer une image du projet

Fiche de définition projet IT

Intitulé du projet :

Thème sociétal :

Le besoin initial :

La finalité du produit :

Le problème technique à résoudre

La production finale attendue :

Effectif du groupe :

1- Le diagramme de contenu (l'expression du besoin) :

2- Le diagramme d'exigences (mission du système) :

3- Le diagramme de contexte (contexte du système) :

4- Le diagramme de cas d'utilisation (utilisation du système) :

5- Le diagramme d'exigences (besoins des parties prenantes) :

La répartition des tâches des élèves :

DOSSIER RÉPONSES (DR1 à DR3) - Documents à compléter et à rendre par le candidat

Tous les documents réponses sont à rendre, même non complétés.

DR1	Mise en évidence de critères et analyse de l'effet des dispositifs	Page 52
DR2	Tableau caractéristiques acoustiques Comfort Line 32D	Page 53
DR3	Modèle multi physique	Pages 54 et 55

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Réponses aux Question 1 et question 2 **DR1 - Mise en évidence de critères et analyse de l'effet des dispositifs**

Exigence	Critère	Effet prévu qualitativement			
		Dispositif 1 : Augmentation de l'étanchéité à l'air	Dispositif 2 : Renouvellement de l'air par apport d'air neuf	Dispositif 3 : Renouvellement de l'air par apport d'air neuf filtré	Dispositif 4 : Recyclage de l'air intérieur par filtration
Permettre une qualité de l'air intérieur non nocive pour la santé.	-				
	-				
	-				
	-				
Limiter la consommation d'énergie	-				
	-				
Apporter un confort acoustique satisfaisant.	-				
	-				

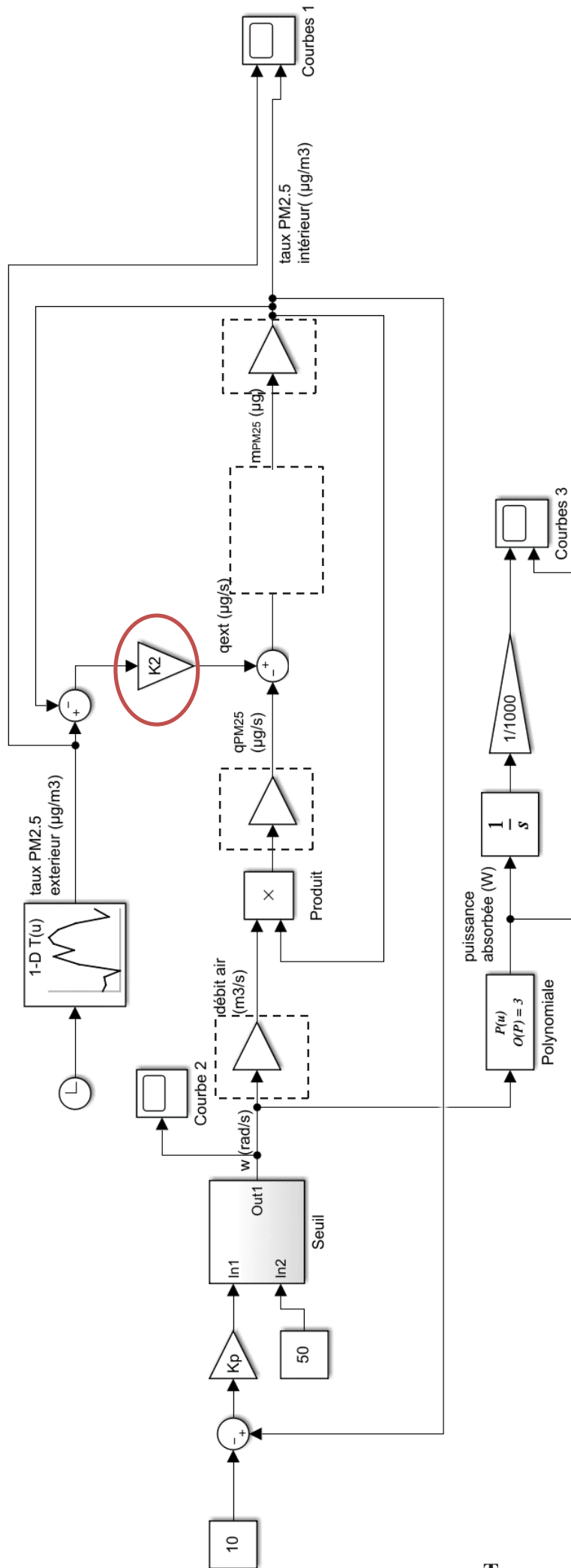
Réponses aux Questions 23 et question 24 **DR2 - Tableau caractéristiques acoustiques confort Line 32D**

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	$L_{wglobal}$
<i>L_w</i> (dB)							
Aspiration + rayonnement							
<i>L_w</i> (dB)							
<i>Soufflage</i>							
Pondération A	-16.1	-8.6	-3.2	0	+1.2	+1	
<i>L_w</i> (dB(A))							
Aspiration + rayonnement							
<i>L_w</i> (dB(A))							
<i>Soufflage</i>							

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Simulation 1 (Stratégie proportionnelle)

Rôle du bloc entouré :

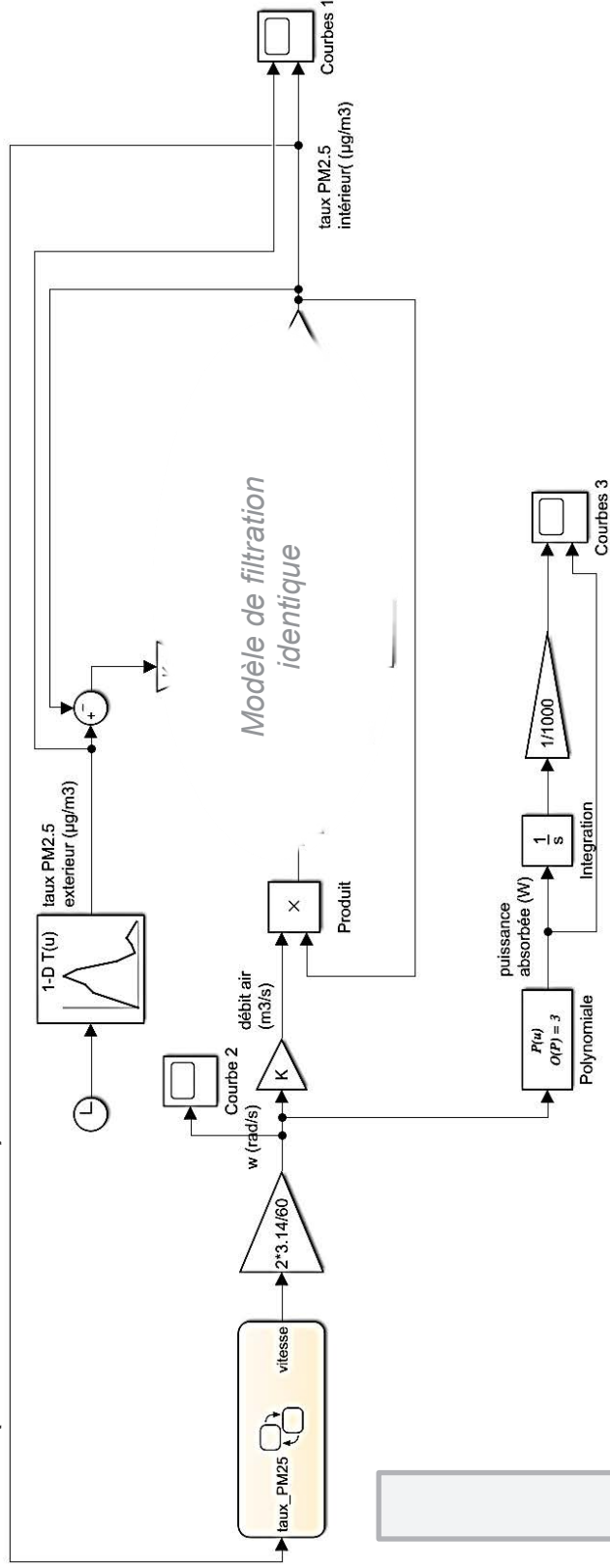


Tournez la page S.V.P.

Réponses aux Question 31 et question 33

DR3 2/2 - Modèle multi physique

Simulation 2 (Smart CIATControl)



Graphe d'état à compléter

