

**BTS CIEL**  
**Option : IR**  
**E 6 – PROJET TECHNIQUE**

Dossier de présentation et de validation du projet (*consignes et contenus*)

<b>Groupement académique : Créteil Paris Versailles</b>		<b>Session : 2026</b>
<b>Lycée : Louis Juvet</b>		
<b>Ville : Taverny</b>		
<b>N° du projet : 2</b>	<b>Nom du projet : Système de surveillance de qualité de l'air</b>	

Projet nouveau	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>		Projet interne	Oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
				Statut des étudiants	Formation initiale <input checked="" type="checkbox"/>	Apprentissage <input type="checkbox"/>
Spécialité des étudiants	EC <input type="checkbox"/>	IR <input checked="" type="checkbox"/>	Mixte <input type="checkbox"/>	Nombre d'étudiants : 3		
Professeurs responsables :		CARRE Carole, NERET Michèle, MOURIER Grégory				

<b>1</b>	<b>Présentation et situation du projet dans son environnement</b>	<b>2</b>
1.1	Contexte de réalisation.....	2
1.2	Présentation du projet.....	2
1.3	Situation du projet dans son contexte.....	2
1.4	Cahier des charges – Expression du besoin.....	3
<b>2</b>	<b>Spécifications.....</b>	<b>4</b>
2.1	Diagrammes SYSML .....	4
	Diagramme de cas d'utilisation : .....	4
2.2	.....	4
	Diagramme d'exigences : .....	5
2.3	Contraintes de réalisation.....	7
2.4	Ressources mises à disposition des étudiants (logiciels / matériels / documents) .....	8
<b>3</b>	<b>Répartition des fonctions ou cas d'utilisation par étudiant.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Mise en place d'un suivi de projet .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Exploitation Pédagogique – Compétences terminales évaluées :.....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Planification .....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Conditions d'évaluation pour l'épreuve E6 .....</b>	<b>15</b>
6.1	Disponibilité des équipements.....	15
6.2	Atteintes des objectifs du point de vue client .....	15
6.3	Avenants : .....	15
<b>8</b>	<b>Observation de la commission de Validation.....</b>	<b>16</b>
8.1	Avis formulé par la commission de validation : .....	16
8.2	Nom des membres de la commission de validation académique : .....	16
8.3	Visa de l'autorité académique : .....	16

<p>Domaine d'activité du système support d'étude :</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> l'industrie 4.0 et 5.0, l'Internet des objets (IoT) ;</li> <li><input type="checkbox"/> les télécommunications ;</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> la cybersécurité ;</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> l'informatique industrielle ;</li> <li><input type="checkbox"/> l'informatique embarquée ;</li> <li><input type="checkbox"/> les centres de services ;</li> <li><input type="checkbox"/> les activités de conseils ;</li> <li><input type="checkbox"/> l'agriculture ;</li> <li><input type="checkbox"/> la santé, le médical, la télémédecine ;</li> <li><input type="checkbox"/> l'automobile et plus largement les nouveaux moyens de déplacements, les transports ;</li> <li><input type="checkbox"/> l'aéronautique, la défense, l'espace ;</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> les sciences et technologies de l'information et de la communication, le multimédia ;</li> <li><input type="checkbox"/> le commerce des matériels électroniques et numériques ;</li> </ul>
--	--

## 1.4 Cahier des charges – Expression du besoin

Plusieurs études ont montré que les niveaux de CO<sub>2</sub> dans les salles de classe deviennent rapidement très élevés et les niveaux de confinement sont dès lors propices à une dégradation de la qualité de l'air intérieur.

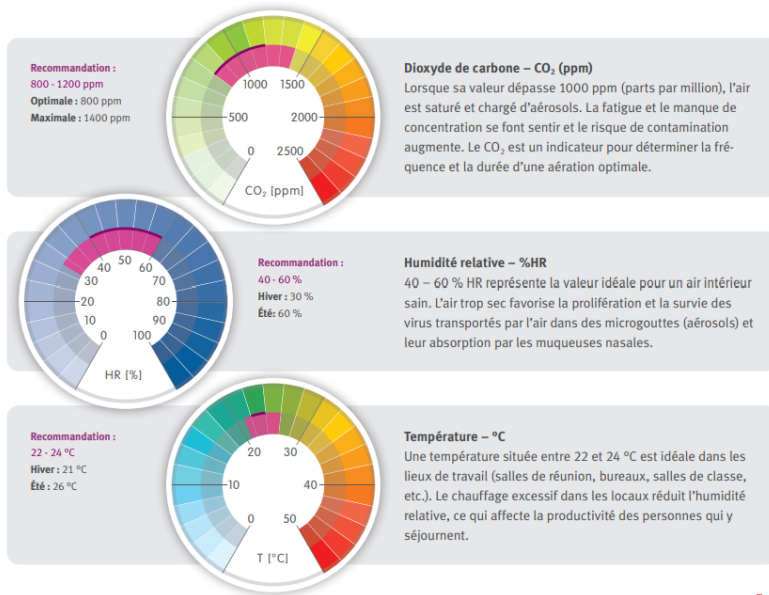
*Au-delà d'une teneur en CO<sub>2</sub> de 2 000 ppm, nos capacités cognitives commencent à s'altérer, et cela d'autant plus qu'elles sont de niveau élevé (prise de décision, réflexion...). C'est pourquoi les valeurs maximales conseillées pour la concentration de CO<sub>2</sub> en intérieur se situent d'habitude entre 1 000 et 1 500 ppm ; elles s'appliquent notamment aux salles de classe et aux bureaux. (Etude britannique : **Taux de CO<sub>2</sub> présent dans les salles de classes et conditions d'apprentissage.**)*

Les actions d'aération manuelles et ponctuelles ont montré de bons résultats mais sont difficilement applicables en manuel.

Le lycée souhaite améliorer la qualité de l'air dans les salles de classe, d'où la décision de mettre en œuvre ce système dans les salles d'informatique dans un premier temps.

Pour répondre à ce besoin, il faut :

- Installer et configurer les capteurs (températures, humidité, taux de Co<sub>2</sub>, Qualité air)
- Paramétrer les différents seuils (températures, humidité, taux de Co<sub>2</sub>, Qualité air)
- Contrôler ces paramètres et ouvrir automatiquement les fenêtres en cas de dépassement de certains seuils
- Visualiser des différents paramètres en local et sur PC de supervision

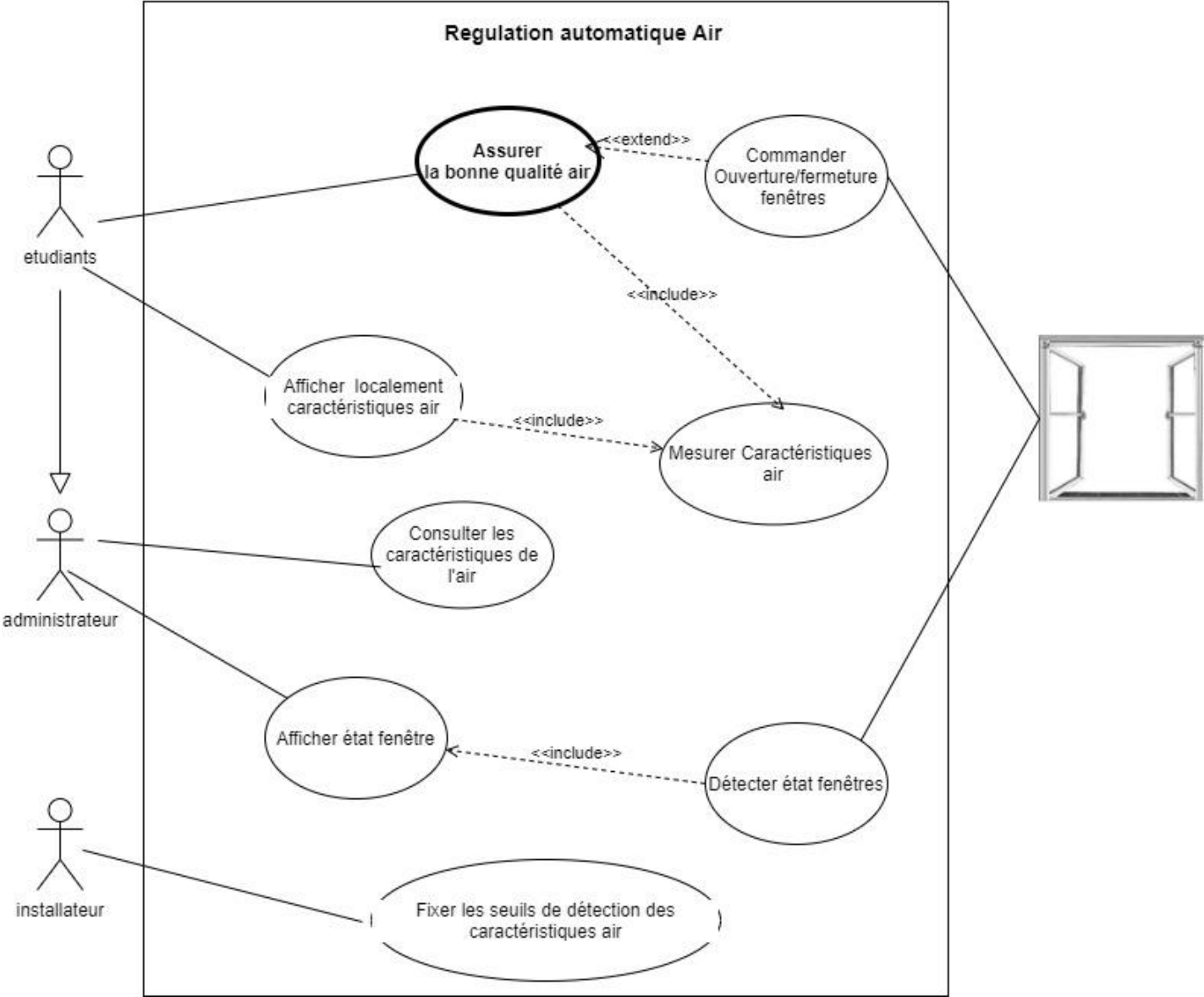


2 Spécifications

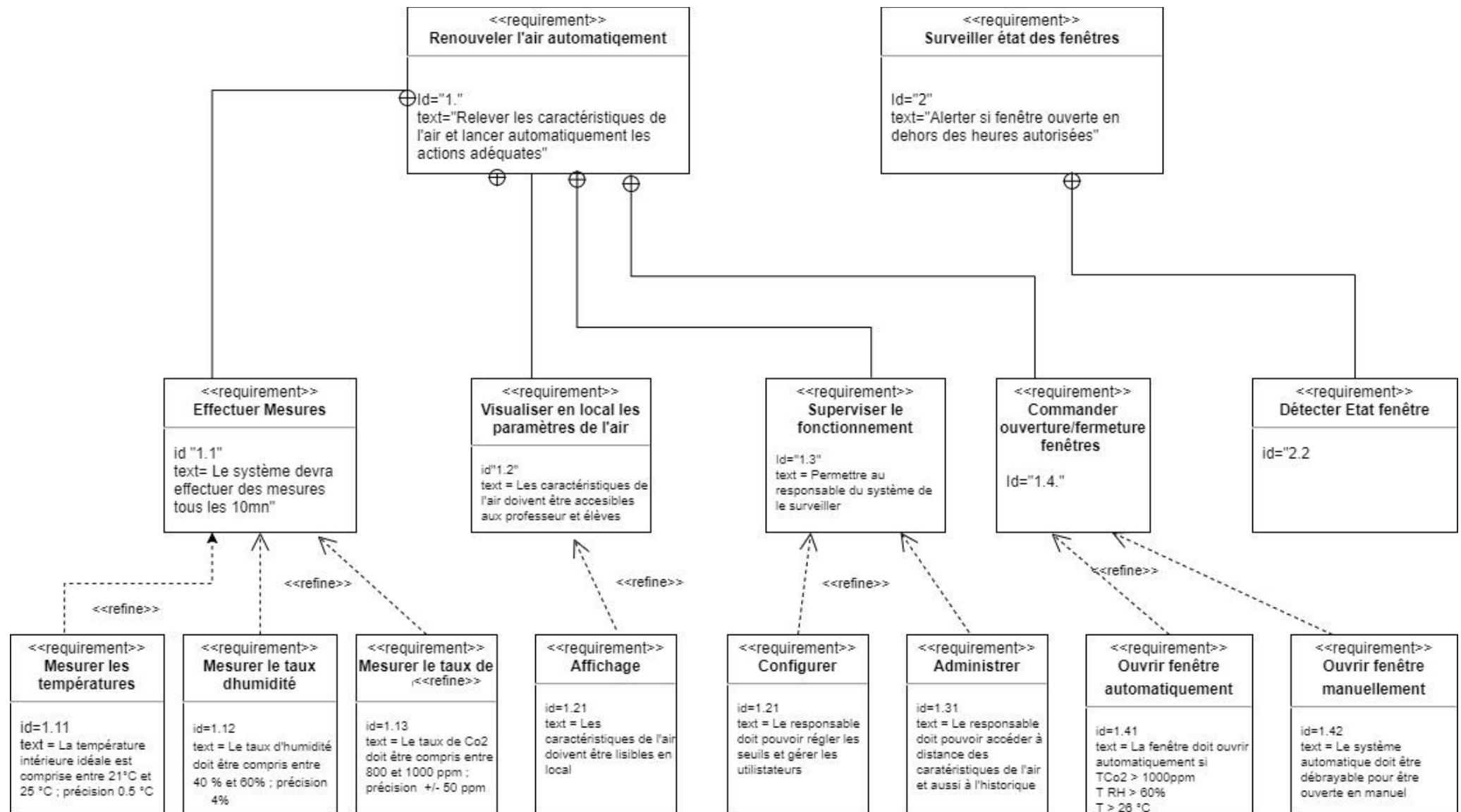
2.1 Diagrammes SYSML

Diagramme de cas d'utilisation :

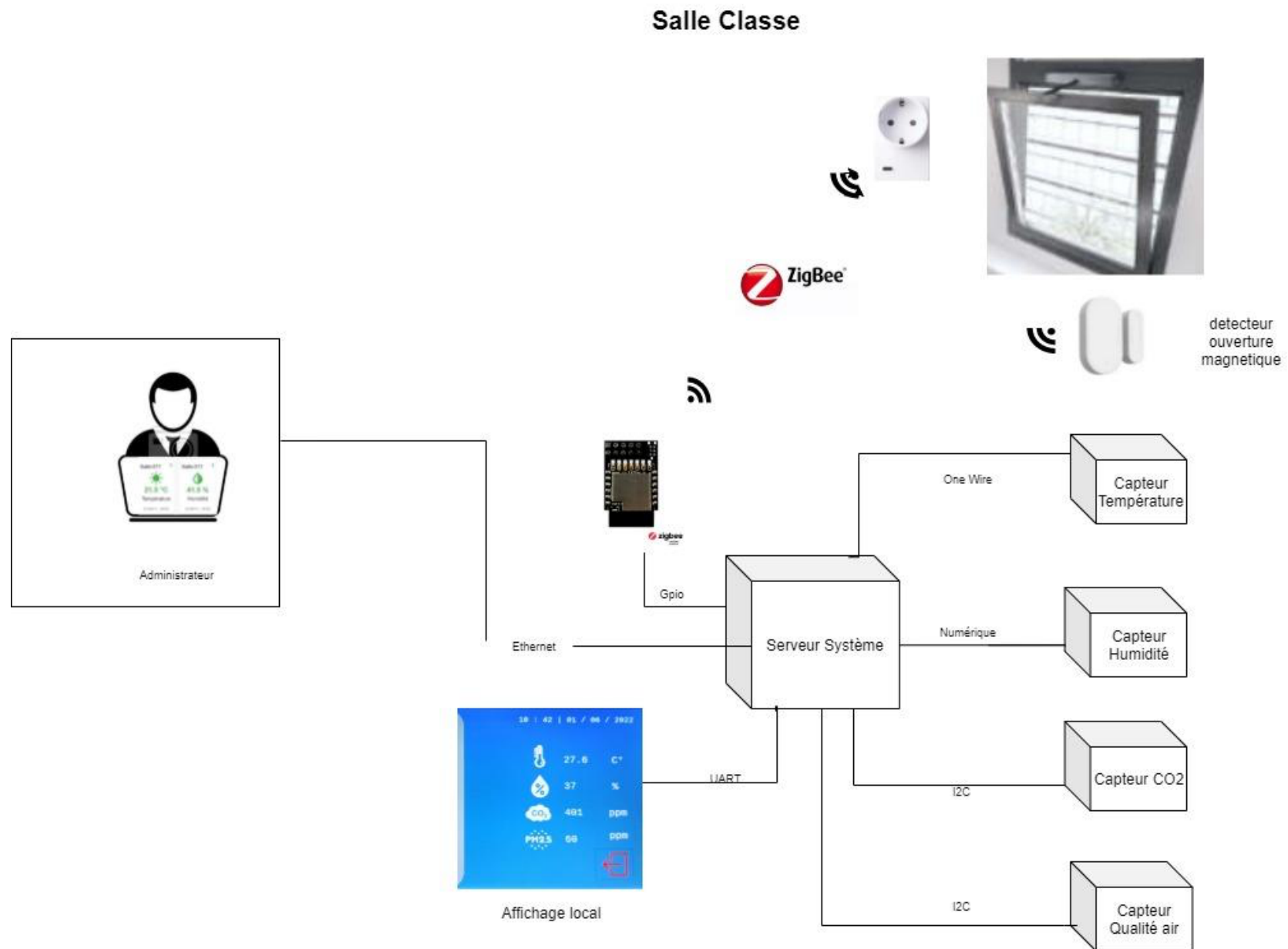
2.2



## Diagramme d'exigences :



## Diagramme de déploiement de l'ensemble du système



## 2.3 Contraintes de réalisation

### Contraintes financières :

L'un des critères de ce projet est bien évidemment le coût. En se basant sur des logiciels libres, open-source et open-hardware, l'investissement dans ce type d'installation sera bien inférieur aux systèmes propriétaires. Ce projet sera mis en œuvre et testé sur une fenêtre pour être développé ensuite sur plusieurs fenêtres.

Il faut prévoir pour une fenêtre :

- Actionneur électrique à chaîne LIWIN L25 pour l'ouverture/fermeture de fenêtres en saillie
- Interface locale
- Différents capteurs
- Module de transmission radio Zigbee
- Raspberrys

### Contraintes de développement (matériel et/ou logiciel imposé / technologies utilisées) :

Le développement devra se faire autour d'une base de données MySQL hébergé sur la raspberry Pi

Le micro-ordinateur fonctionnera sous une distribution Linux Raspbian

L'interface Web sera développée sur un serveur Apache2 dans le langage désiré (Php, javascript, Framework...)

Les services hôtes devront être développés en C++

L'interface locale sera développée à l'aide Qt.

Tous les codes C++ et HTML devront être documentés à l'aide d'un outil de génération de documentation.

### Contraintes qualité (conformité, délais, ...) :

Le système devra être livré fonctionnel pour le début du mois de juin 2025

Les pages Web devront être compatibles W3C et disposer d'une version mobile.

Des tests d'ouverture et fermeture des fenêtres devront être réalisés et documentés

Des mesures des caractéristiques physiques et chimiques de l'air devront être réalisées et documentées

L'affichage des paramètres en local et à l'attention des utilisateurs de la salle devra être fonctionnel.



### Contraintes de fiabilité, sécurité :

Le système proposé est amené à être utilisé par des utilisateurs et non des informaticiens, il est important d'avoir un dispositif simple d'utilisation et efficace.

Les sécurités doivent être assurées que ce soit pour l'authentification comme pour l'intrusion sur le réseau.

Un système watchdog doit être prévu au niveau du serveur en cas de plantage, le serveur doit redémarrer automatiquement.

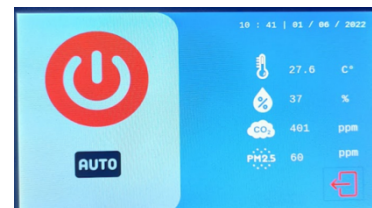
## 2.4 Ressources mises à disposition des étudiants (logiciels / matériels / documents)

Capteurs	
<p>Mesurer le taux de CO2 (transmission I2C) :</p> <p><i>Capteur de qualité d'air TVOC et eCO2 PIM480</i></p> <p>Mesurer la qualité de l'air (transmission I2C) :</p> <p><i>Capteur de qualité d'air Grove 101020078</i></p>	
<p>Mesurer Température air intérieure et Taux d'humidité : <i>DHT 11</i></p> <p>Mesurer température extérieure : <i>DS18B20</i></p>	
<p>Détecter ouverture/fermeture fenêtre :</p> <p><i>capteur magnétique communicant Zigbee</i></p>	
Actionneurs	
<p>Assurer les fonctions ouverture /fermeture fenêtre :</p> <p><i>Actionneur électrique à chaîne LIWIN L25 pour l'ouverture/fermeture de fenêtres en saillie</i></p>	
Transmettre	
<p><u>Communication sans fil Zigbee :</u></p> <p><i>POPP 701561 - Carte adaptatrice ZigBee sur GPIO</i></p> <p>Prise commandée zigbee</p>	
Informatique	
<p>Raspberry Pi Modele 3B ou Raspberry PI 4</p>	



## Interfaces

Affichage en local des paramètres :  
Cet écran est compatible avec les cartes Raspberry Pi et se raccorde sur le port GPIO.



## Logiciels

Contrôle du GPIO, SPI, I2C, Liaison Série :	Librairie WiringPi : <a href="http://wiringpi.com/">http://wiringpi.com/</a>
Base de données	MySQL : <a href="https://www.mysql.com/fr/">https://www.mysql.com/fr/</a>
Gestion base de données	PhpMyAdmin <a href="https://www.phpmyadmin.net/">https://www.phpmyadmin.net/</a>
Serveur Web	Apache2 : <a href="https://httpd.apache.org/">https://httpd.apache.org/</a>
Ecran	<a href="https://www.circuitbasics.com/setup-lcd-touchscreen-raspberry-pi/">https://www.circuitbasics.com/setup-lcd-touchscreen-raspberry-pi/</a>
Librairie capteurs températures, humidité	<a href="https://medium.com/geekculture/raspberry-pi-c-libraries-for-working-with-i2c-spi-and-uart-4677f401b584">https://medium.com/geekculture/raspberry-pi-c-libraries-for-working-with-i2c-spi-and-uart-4677f401b584</a>
Librairies capteurs qualité air	<a href="https://learn.adafruit.com/adafruit-sgp30-gas-tvoc-eco2-mox-sensor/arduino-code">https://learn.adafruit.com/adafruit-sgp30-gas-tvoc-eco2-mox-sensor/arduino-code</a>
Modules communicants Zigbee	Firmware Update of ZB-Shield with Raspberry PI

## Documentation :

Cours, Tps, documentation constructeurs du matériel, documentation Web.

### 3 Répartition des fonctions ou cas d'utilisation par étudiant

	Fonctions à développer et tâches à effectuer	
<p>Étudiant 1</p> <p>ER <input type="checkbox"/> IR <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Liste des fonctions assurées par l'étudiant :</p> <p>Développer l'interface locale « Visualisation des paramètres de la qualité de l'air »</p> <p>Mettre en œuvre le système de commande automatique ouverture/ fermeture fenêtre</p> <p>Mettre en œuvre le système de communication Zigbee Fenêtre (collaboration avec etudiant2)</p> <p>Assembler les différents éléments du système</p>	<p><b><u>Installation :</u></b></p> <p>Installer Os Raspberry Installer librairie Wiring PI Installer les pilotes pour l'interface Installer librairies pour l'interface locale Installer librairies et pilotes pour communication 868 MHz</p> <p><b><u>Mise en œuvre :</u></b></p> <p>Câbler Raspberry et Ecran, effectuer les tests de fonctionnement logiciel matériel Câbler modules transmission Zigbee</p> <p><b><u>Configuration :</u></b></p> <p>Configurer l'OS de la raspberry (démarrage automatique au boot,.....) Régler les durées de commande d'ouverture de fenêtre Configurer liaison Zigbee pour mise en place communicant. Utiliser des clés de chiffrement pour sécuriser les échanges Zigbee Mettre en place une authentification forte (login/mot de passe sécurisé)</p> <p><b><u>Réalisation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Créer l'interface de dialogue gestionnaire→ affichage connexion à l'interface</li> <li>- Ecrire la/les classes du menu de communication gestionnaire →paramètres qualité air</li> <li>- Ecrire la/les classes du menu de communication gestionnaire →paramètres températures et humidité</li> <li>- Ecrire la/les classes du menu de communication gestionnaire →mise à l'heure du système</li> <li>- Ecrire la/ les classes liées à la communication Zigbee</li> <li>- Intégrer les classes dans le serveur système en collaboration avec les autres étudiants de l'équipe</li> </ul> <p><b><u>Documentation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Elaborer la planification du projet</i></li> <li>● <i>Raffiner les diagrammes sysml liés à la partie du système prise en charge par l'étudiant</i></li> <li>● <i>documentation Raspberry : caractéristiques technologiques</i></li> </ul>

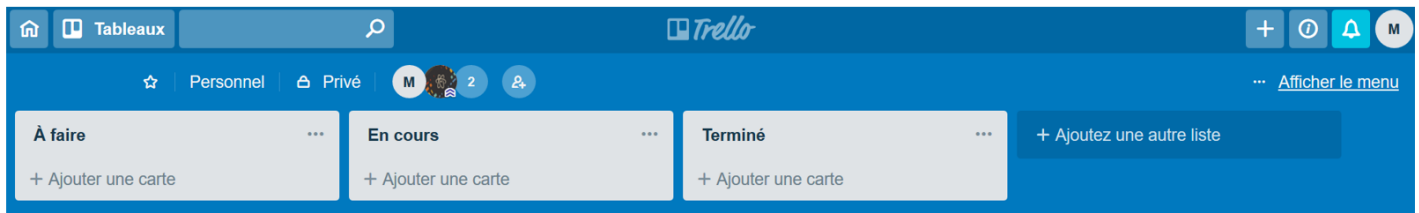
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Code commenté</i></li> <li>• <i>Rédiger les documents du projet, et documenter la prise en main et la maintenance du système pour le client.</i></li> </ul>
<p>Étudiant 2</p> <p>ER <input type="checkbox"/> IR <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Liste des fonctions assurées par l'étudiant</p> <p>Mettre en œuvre l'acquisition de la température interne et humidité</p> <p>Mettre en œuvre l'acquisition du taux de CO2 et de la qualité de l'air (PM2.5)</p> <p>Mettre en œuvre le système de communication Zigbee Fenêtre (collaboration avec étudiant1)</p> <p>Mettre en place la détection fenêtre ouverte/fermée</p> <p>Assembler les différents éléments du système</p>	<p><b><u>Installation :</u></b></p> <p>Installer Os Raspberry          Installer librairie Wiring PI          Installer capteur magnétique Zigbee          Installer librairies et pilotes pour communication Zigbee.          Installer librairies et pilotes capteurs température          Installer librairie et pilotes capteur CO2 et Qualité air.</p> <p><b><u>Mise en œuvre :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en place capteur magnétique communicant Zigbee</li> <li>- Mettre en place capteurs température locale et humidité Raspberry</li> <li>- Mettre en place capteurs liés aux gaz de l'air</li> <li>- Mettre en place le module Zigbee</li> </ul> <p><b><u>Configuration :</u></b></p> <p>Configurer module communication Zigbee          Configurer communication I2C          Ajouter des mécanismes pour valider les données reçues des capteurs (protection contre les attaques d'injection).</p> <p><b><u>Réalisation :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecrire la /les classes Acquisition température et humidité</li> <li>- Ecrire la /les classes Acquisition taux CO2 et de qualité air</li> <li>- Ecrire la/les classes liaison Zigbee</li> <li>- Ecrire la /les classes Communication I2C</li> <li>- Ecrire la classe détection ouverture fenêtre</li> <li>- Ajout d'une gestion de la configuration pour les administrateurs</li> <li>- Intégrer les classes dans le serveur système en collaboration avec les autres étudiants de l'équipe</li> </ul>

		<b>Documentation :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Elaborer la planification du projet</i></li> <li>• <i>Raffiner les diagrammes sysml liés à la partie du système prise en charge par l'étudiant</i></li> <li>• <i>documentation Raspberry : caractéristiques technologiques</i></li> <li>• <i>Code commenté</i></li> <li>• <i>Rédiger les documents du projet, et documenter la prise en main et la maintenance du système pour le client</i></li> </ul>
<p>Étudiant 3</p> <p>ER <input type="checkbox"/> IR <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Liste des fonctions assurées par l'étudiant</p> <p>Développer le système d'acquisition de la température extérieure</p> <p>Mise en place du serveur système, Développer l'IHM « responsable du système »</p> <p>Assembler les différents éléments du système</p>	<b>Installation :</b> <p>Installer Os Raspberry  Installer librairie Wiring PI  Installer suite Xamp (Apache2, Mysql, PHP, PhpMyAdmin)</p> <b>Mise en œuvre :</b> <p>Relier Raspberry au capteur température externe , effectuer les tests de fonctionnement logiciel matériel</p> <b>Configuration :</b> <p>Configurer l'OS de la raspberry (démarrage automatique au boot,.....)  Configurer le serveur Web  Configurer liaison One Wire  Activer des protocoles sécurisés pour la communication (HTTPS).  Protéger le serveur MySQL avec des droits d'accès limités aux seules adresses nécessaires.</p> <b>Réalisation :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecrire la /les classes Acquisition température extérieure.</li> <li>- Créer l'Interface Web de dialogue du gestionnaire du système</li> <li>- Modéliser la BDD Mesures : (tables : Taux Co2, température, humidité,etc,.....)</li> <li>- Peupler la BDD : utilisateurs et différents paramètres</li> <li>- Ecrire la/les classes de communication avec les éléments du serveur</li> <li>- Ecrire la/les classes d'acquisition des paramètres de l'air( temp, humidité, CO2)</li> <li>- Ecrire la/les classes réglages des seuils</li> <li>- Intégrer les classes dans le serveur système en collaboration</li> </ul>

		<p>avec les autres étudiants de l'équipe</p> <p><b>Documentation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Elaborer la planification du projet</i></li> <li>• <i>Raffiner les diagrammes sysml liés à la partie du système prise en charge par l'étudiant</i></li> <li>• <i>documentation Raspberry : caractéristiques technologiques</i></li> <li>• <i>Code commenté</i></li> <li>• <i>Rédiger les documents du projet, et documenter la prise en main et la maintenance du système pour le client</i></li> </ul>
--	--	--

## 4 Mise en place d'un suivi de projet

Outil utilisé TRELLO



## 5 Exploitation Pédagogique – Compétences terminales évaluées :

	Informatique & Réseaux	Étudiant 1	Étudiant 2	Étudiant 3
C1	Communiquer en situation professionnelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C3	Gérer un projet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C8	Coder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C11	Exploiter un réseau informatique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 6 Planification

### Préciser les dates :

- **début du projet** : Lundi 19 Janvier 2026
- **revues 0 (R0)** : Semaine du Lundi 9 Février au 13 Février 2026  
Les membres de l'équipe doivent être capables de présenter le cahier des charges de leur projet  
L'équipe doit pouvoir présenter leur organisation et diagramme de Gantt prévisionnel  
Les membres de l'équipe doivent être capables de présenter le matériel et les logiciels mis à leur disposition et les fonctionnalités attendues.
- **revue 1 (R1)** : Semaine du Lundi 23 Mars au 27 Mars 2026  
Produire un diaporama présentant le projet et son avancée  
L'étudiant doit pouvoir présenter l'organisation de l'équipe  
L'étudiant doit pouvoir présenter son carnet de bord, les tâches et les créations fonctionnelles en regard du diagramme de Gantt.  
Réaliser une recette du système en cours de réalisation.
- **revue 2 (R2)** : Semaine du Lundi 13 Avril au 17 Avril 2026  
Produire un diaporama présentant le projet et son avancée  
L'étudiant doit pouvoir présenter l'organisation de l'équipe  
L'étudiant doit pouvoir présenter son carnet de bord, les tâches et les créations fonctionnelles en regard du diagramme de Gantt  
Réaliser une recette du système en cours de réalisation.
- **remise du projet** : Mardi 22 Mai 2026
- **soutenance finale** : Lundi 1 Juin au Vendredi 5 Juin 2026

## 7 Conditions d'évaluation pour l'épreuve E6

### 7.1 Disponibilité des équipements

L'équipement sera-t-il disponible ?

Oui ☒

Non

### 7.2 Atteintes des objectifs du point de vue client

? *Le serveur système est opérationnel, le gestionnaire via l'interface pourra :*

- *se connecter via un login et un mot de passe*
- *ajouter ou supprimer des utilisateurs*
- *définir les horaires d'occupation des salles*
- *définir les différents seuils de la qualité air*
- *accéder à un historique complet sur une semaine de la qualité de l'air dans la salle*

? *L'Interface locale permettra*

- *d'accéder en temps réel à la date, l'heure, la température intérieure et extérieure, le taux d'humidité, le taux de CO2 et le taux de particules fines.*

? *Le système permettra d'ouvrir la fenêtre en cas de dépassement des seuils de qualité de l'air, de fermer la fenêtre en cas de retour à la normale des caractéristiques de l'air*

? *L'administrateur*

- *Via une page Web accèdera aux différents paramètres de la salle et de l'état de la fenêtre*

*La documentation permettra de prendre en main ou d'effectuer des opérations de maintenance simples du système est rédigée à l'intention du gestionnaire du système.*

### 7.3 Avenants :

Date des avenants :

Nombre de pages :

8 Observation de la commission de Validation

Ce document initial : ☐ comprend 15 pages et les documents annexes suivants :

(À remplir par la commission de validation qui valide le sujet de projet) ☐ a été étudié par la Commission Académique de validation qui s’est réunie à \_\_\_\_\_, le \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 20xx

Contenu du projet :	Défini <input type="checkbox"/>	Insuffisamment défini <input type="checkbox"/>	Non défini <input type="checkbox"/>
Problème à résoudre :	Cohérent techniquement	Pertinent / À un niveau BTS SN	<input type="checkbox"/>
Complexité technique : (liée au support ou au moyen utilisé)	Suffisante <input type="checkbox"/>	Insuffisante <input type="checkbox"/>	Exagérée <input type="checkbox"/>
Cohérence pédagogique : (relative aux objectifs de l’épreuve)	Le projet permet l’évaluation de toutes les compétences terminales <input type="checkbox"/> Chaque candidat peut être évalué sur chacune des compétences <input type="checkbox"/>		
Planification des tâches demandées aux étudiants, délais prévus, ... :	Projet ... Défini et raisonnable <input type="checkbox"/>	Insuffisamment défini <input type="checkbox"/>	Non défini <input type="checkbox"/>
Les revues de projet sont-elles prévues : (dates, modalités, évaluation)		Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Conformité par rapport au référentiel et à la définition de l’épreuve :		Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>

Observations :

8.1 Avis formulé par la commission de validation :

☐ Sujet accepté en l’état

☐ Sujet à revoir :

☐ Conformité au Référentiel de Certification / Complexité

☐ Définition et planification des tâches

☐ Critères d’évaluation

☐ Autres : .....

☐ Sujet rejeté

Motif de la commission :

8.2 Nom des membres de la commission de validation académique :

Nom	Établissement	Académie	Signature

8.3 Visa de l’autorité académique :  
(nom, qualité, Académie, signature)

**Nota :**  
Ce document est contractuel pour la sous-épreuve E6-2 (Projet Technique) et sera joint au « Dossier Technique » de l’étudiant.  
En cas de modification du cahier des charges, un avenant sera élaboré et joint au dossier du candidat pour présentation au jury, en même temps que le carnet de suivi.