



Conception d'un système de simulation

GUIDE DE L'ÉTUDIANT

S5 Génie informatique – Projet de session

Automne 2023 – Semaines 1 à 15

Département de génie électrique et de génie informatique
Faculté de génie
Université de Sherbrooke

Auteurs: Domingo Palao Muñoz et Jean Lavoie

Inspiré du guide étudiant du projet de S5e fait par Jean de Lafontaine, Yves Bérubé-Lauzière, Éric Plourde et Jean-Baptiste Michaud

Modifié par Maude Blondin et Gabriel Bélanger

Version: 2.3 (Automne 2023)

©2023 Tous droits réservés. Département de génie électrique et de génie informatique,
Université de Sherbrooke.

TABLE DES MATIÈRES

1	ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES ET COMPÉTENCES	1
2	SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION	2
3	QUALITÉS DE L'INGÉNIEUR	3
4	CONNAISSANCES NOUVELLES	4
5	SANTÉ ET SÉCURITÉ : DISPOSITIONS GÉNÉRALES	5
6	POLITIQUES ET RÈGLEMENTS	6
7	INTÉGRITÉ, PLAGIAT ET AUTRES DÉLITS	7
8	ÉNONCÉ DE LA PROBLÉMATIQUE	8
8.1	Description du mandat	8
8.2	Informations complémentaires pour la réalisation du mandat	9
9	LE PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME COMPLEXE	12
10	GESTION DU PROJET	15
10.1	Phases du projet	15
10.2	Revue de projet et livrables selon ECSS	16
11	GUIDE DE LECTURE	18
11.1	Références essentielles	18
11.2	Documents complémentaires	18
12	LOGICIELS ET MATÉRIEL	19
13	SANTÉ ET SÉCURITÉ : DISPOSITIONS PARTICULIÈRES	20

14	PRODUCTIONS À REMETTRE ET ÉVALUATIONS	21
14.1	« Sales pitch » – argumentaire de vente	21
	Évaluations périodes – gestion de projet	22
14.2		22
14.3	Rencontres/séances de la session	24
14.4	Évaluation de la qualité de la communication et du français	25
14.5	Notes particulières sur les activités	25

1 ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES ET COMPÉTENCES

GIF501 – Conception d'un système de simulation

1. Exécuter, sous supervision, les étapes d'un projet d'ingénierie nécessitant de la modélisation et de la simulation de systèmes physiques ainsi que du traitement numérique de signal selon des contraintes et des critères imposés par un client.
2. Accomplir la gestion d'un projet d'ingénierie de systèmes, selon les étapes imposées d'un processus standardisé pour des systèmes complexes, notamment en ce qui concerne la production, l'exploitation et la diffusion d'une documentation standardisée, autant pour le processus de développement du projet que pour les livrables
3. Agir avec professionnalisme en respectant des contraintes au niveau de l'échéancier et des ressources disponibles et travailler efficacement au sein d'une équipe disciplinaire.

Description officielle : <http://www.usherbrooke.ca/fiches-cours/gif501>

2 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION

Tableau 2.1 Synthèse de l'évaluation de l'unité

Évaluation	GIF501-1	GIF501-2	GIF501-3
Évaluations périodiques – gestion de projet	65	115	30
Argumentaire de vente et document ECSS	40	40	20
Tests de parcours	90	0	10
Examen sommatif ECSS	40	60	0
Course/Compétition	80	0	10
Total	315	215	70

Tableau 2.2 Échelons pour l'attribution des cotes

Note (%)	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90
Cote	D	D+	C-	C	C+	B-	B	B+	A-	A	A+

3 QUALITÉS DE L'INGÉNIEUR

Les qualités de l'ingénieur visées par cette unité d'APP sont dans le Tableau 3.1.

Tableau 3.1 Synthèse de l'évaluation des qualités

Évaluation	Qualités évaluées
Évaluations périodiques – gestion de projet	Q04, Q07, Q11
Argumentaire de vente et document ECSS	Q04, Q07, Q11
Tests de parcours	Q04, Q07, Q11
Examen sommatif ECSS	Q04, Q11
Course	Q04, Q07, Q11

D'autres qualités peuvent être présentes sans être visées ou évaluées dans cette unité d'APP. Pour une description détaillée des qualités et leur provenance, consultez le lien suivant :

<https://www.usherbrooke.ca/genie/etudiants-actuels/au-baccalaureat/bcapg/> Les compétences liées aux qualités sont présentées au Tableau 3.2.

Tableau 3.2 - Compétences liés aux qualités lors des évaluations.

C1	Qualité 04 – Conception
4.1	Définir le projet ou le problème d'ingénierie
4.2	Identifier les besoins et les exigences à considérer
4.4	Faire la conception détaillée
C2	Qualité 11 – Économie et gestion de projets
11.1	Définir et planifier un projet d'ingénierie
11.2	Exécuter et contrôler un projet d'ingénierie
C3	Qualité 07 – Communication
7.1	Organiser et présenter de l'information pertinente
7.2	Présenter des communications graphiques et/ou un support visuel de qualité
7.3	Communiquer dans une langue de qualité, à l'écrit comme à l'oral

4 CONNAISSANCES NOUVELLES

Connaissances déclaratives (quoi)

- Développement d'un système logiciel qui interagit avec le monde physique réel ou simulé;
- Application de la technologie à des problématiques concrètes;
- Méthodes standardisées de développement;
- Travail et gestion d'équipe dans une optique de cheminement de professionnalisation.

Connaissances procédurales (comment)

- Concevoir, développer et mettre en œuvre un système logiciel qui interagit avec le monde physique réel ou simulé;
- Valider et adapter le fonctionnement d'un système logiciel et de ses résultats;
- Intégrer des techniques statistiques de validation de systèmes;
- Agir avec professionnalisme dans les différents axes de compétences visés (éléments techniques, de gestion et de travail en équipe)

Connaissances conditionnelles (quand)

- Planifier le développement selon un cadre standardisé, définir et choisir les tâches à accomplir de façon dynamique et structurée.

5 SANTÉ ET SÉCURITÉ : DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Dans le cadre de la présente activité, vous êtes réputés avoir pris connaissance des politiques et directives concernant la santé et la sécurité. Ces documents sont disponibles sur les sites web de l'Université de Sherbrooke, de la Faculté de génie et du département. Les principaux sont mentionnés ici et sont disponibles dans la section *Santé et sécurité* du site web du département:

<https://www.gel.usherbrooke.ca/santesecurite/>.

- Politique 2500-004: Politique de santé et sécurité en milieu de travail et d'études
- Directive 2600-042: Directive relative à la santé et à la sécurité en milieu de travail et d'études
- Sécurité en laboratoire et atelier au département de génie électrique et de génie informatique

6 POLITIQUES ET RÈGLEMENTS

Dans le cadre de la présente activité, vous êtes réputés avoir pris connaissance des politiques, règlements et normes d'agrément suivants.

Règlements de l'Université de Sherbrooke

— Règlement des études: <https://www.usherbrooke.ca/registraire/>

Règlements facultaires

- Règlement facultaire d'évaluation des apprentissages / Programmes de baccalauréat
- Règlement facultaire sur la reconnaissance des acquis

Normes d'agrément

- Informations pour les étudiants au premier cycle: <https://www.usherbrooke.ca/genie/etudiants-actuels/au-baccalaureat/bcapg>
- Informations sur l'agrément: <https://engineerscanada.ca/fr/agrement/a-propos-de-l-agrement>

Si vous êtes en situation de handicap, assurez-vous d'avoir communiqué avec le *Programme d'intégration des étudiantes et étudiants en situation de handicap* à l'adresse de courriel prog.integration@usherbrooke.ca.

7 INTÉGRITÉ, PLAGIAT ET AUTRES DÉLITS

Dans le cadre de la présente activité, vous êtes réputés avoir pris connaissance de la déclaration d'intégrité relative au plagiat: <https://www.usherbrooke.ca/ssf/antiplagiat/jenseigne/declaration-dintegrite/>

8 ÉNONCÉ DE LA PROBLÉMATIQUE

Conception d'un véhicule autonome

Les véhicules autonomes sont de plus en plus performants et leur utilisation devient d'autant plus répandue. Pour se déplacer, les véhicules doivent « percevoir » l'environnement et réagir selon différents algorithmes. Pour mesurer l'environnement, les véhicules autonomes utilisent un ensemble de capteurs tels que les détecteurs de distances (ultrasonique ou avec des LIDARs).

Les capteurs présentent parfois des imperfections ou des sensibilités particulières dans certaines situations. La collaboration entre les capteurs peut aussi apporter son lot de défis. L'apparition d'un imprévu ou contourner un obstacle peut conduire à prioriser les informations d'un nombre restreint de capteurs, voir ne plus considérer certains.

Avant de mettre un véhicule de ce type sur la route, il est généralement primordial de valider les algorithmes et la sécurité des systèmes. En plus de la sécurité, il ne faut pas oublier le confort des passagers ou de s'assurer que les marchandises arrivent en bon état. Un véhicule qui démarre en trombe et freine brusquement à chaque événement peut devenir inconfortable pour les passagers ou dangereux pour le contenu du véhicule.

8.1 Description du mandat

Pour réaliser une validation préliminaire, la modélisation et la simulation sont souvent nécessaires. Pour le projet à réaliser, nous vous fournissons un petit véhicule programmable qui possèdent 2 types de capteurs et une bille qui représente la matière transportée. Si la bille tombe du véhicule en cours de déplacement, ceci signifie que vous avez « malmené » la matière transportée et que votre prototype est inutilisable.

La compagnie FastDrink désire commercialiser un véhicule autonome pour le service de breuvages au restaurant. Ainsi, la compagnie fait un appel d'offres pour terminer la conception de leur véhicule.

Le véhicule actuel est à modéliser : 1) les paramètres de son système de traction tels que l'accélération et le freinage sont à mesurer, 2) le déplacement de la bille doit être modélisé, et 3) les capteurs doivent être caractérisés, soit la précision et les angles de visions, pour considérer les imprécisions.

Le véhicule doit se déplacer en respectant les contraintes suivantes :

- a. Arrêt à une certaine distance d'un obstacle (précision de l'arrêt < 30 mm)
- b. Suivre une ligne-guide au sol (ruban électrique noir de 18mm de largeur)
- c. Suivre une ligne-guide courbe de $R=120\text{mm}$ et plus (voir schéma de trajectoire dans le manuel utilisateur du véhicule page 44)
- d. Contourner des obstacles en quittant la ligne-guide au sol

- e. Suivre la ligne-guide en reculant sur de courtes distances (moins de 200mm).

Le modèle simulé devra représenter le plus possible le comportement réel du véhicule. Il est important de comparer le modèle du véhicule avec le véhicule en intégrant les mêmes algorithmes de décisions et de contrôle.

La compagnie possède des parcours tests que le véhicule devra réussir plusieurs fois. De plus, le véhicule sera évalué sur un parcours de compétition intégrant plusieurs des contraintes mentionnées précédemment. Cette compétition consiste à traverser le plus rapidement possible un parcours à obstacles de façon autonome et en utilisant seulement et strictement les informations provenant des capteurs. Cette compétition aura lieu à la fin de la session.

Pendant toute la réalisation du projet, vous devrez effectuer une planification et un suivi de votre avancement. Les projets de ce type sont généralement très complexes et font intervenir plusieurs spécialités, tant du monde du génie, de la science, de la sécurité et de gestion. Il n'est donc pas possible de penser à la gestion Agile dans cette situation. La flexibilité de l'approche Agile n'étant pas réaliste dans la construction mécanique par exemple, vous aurez ainsi à respecter la gestion de projet selon un standard pour les projets complexe en aérospatiale, soit « European Cooperation for Space Standardization » (ECSS). La documentation et les rencontres de suivi devront se faire en respectant cette contrainte.

8.2 Informations complémentaires pour la réalisation du mandat

Dans le contexte de la gestion de projet selon ECSS, vous serez un « Fournisseur ». Les éléments du mandat à être exécutés par le Fournisseur (F) sont énumérés ci-dessous. Les détails sont développés dans le document « Spécifications du Client ».

F-1 Modélisation du système réel

1. Concevoir le modèle 3D du véhicule
2. Implanter le modèle préliminaire dans Blender

F-2 Identification et quantification des paramètres des capteurs et actuateurs

1. Représenter des actionneurs sous forme de boîte grise à partir de mesures effectuées sur le système ou les schémas fournis par le client
2. Représenter des capteurs sous forme statistique et mathématique à partir de mesures et d'analyse des spécifications

F-3 Intégration des paramètres des actionneurs et capteurs dans le modèle

1. Compléter le modèle de simulation sur Blender à l'aide des paramètres déterminés à F-2
2. Développer un plan de tests pour valider le comportement du modèle

F-4 Concevoir les algorithmes de contrôle

1. Expliquer les contraintes du client sous forme de scénarios (scénario avec le véhicule)
2. Expliquer, sous formes de scénarios, les comportements du système
3. Élaborer des algorithmes de contrôle selon les scénarios établis
4. Intégrer les algorithmes au modèle simulé

F-5 Établir des trajectoires de validation

1. Déterminer des trajectoires simples permettant de mettre en évidence les comportements des différents actionneurs et capteurs
2. Développer ces trajectoires dans Blender ainsi que les parcours tests
3. Effectuer différents tests en utilisant les trajectoires et les parcours tests sur le modèle Blender et produire un tableau des résultats attendus et obtenus

F-6 Intégrer les algorithmes dans le système réel

1. Documenter le processus de port des algorithmes du modèle au système réel
2. Intégrer les différents algorithmes dans un logiciel compatible avec le système de contrôle du véhicule
3. Effectuer des tests unitaires et d'intégration des algorithmes

F-7 Tests comparatifs des performances entre le modèle et le système réel - évaluation

1. Effectuer les essais routiers en utilisant les trajectoires et parcours tests sur le système réel et produire un tableau des résultats attendus et obtenus
2. Comparer les résultats avec les tests effectués
3. Si des écarts importants se présentent, déterminer des solutions d'amélioration du modèle ou des algorithmes et refaire F-5 et F-7

NOTE : les algorithmes du modèle et du système réel doivent autant que possible être identiques!

F-8 Préparer la démonstration comparative de performance

1. Intégrer la trajectoire de validation du client à la simulation
2. Effectuer différents tests et vérifier le comportement du modèle
3. Compléter une grille de validation de performance du client (document fourni par le client avec la trajectoire)
4. Effectuer les corrections aux algorithmes (modèle et système réel) si requis et refaire F-5, F-7 et F-8
5. Effectuer les tests avec la trajectoire réel fourni par le client
6. Participer à la validation du client

F-9 Préparation de la documentation

1. Documentation de la gestion du projet ECSS
2. Documentation des solutions techniques
3. Rapports de tests de validation et matrices de conformité

9 LE PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME COMPLEXE

Après avoir développé dans les sessions précédentes certaines compétences de gestion de projet applicables au développement de produits grand marché, l'équipe de tuteurs vous propose maintenant de développer des compétences très semblables, mais dans le contexte de gestion d'un grand projet dont l'objectif est de livrer un système soumis aux spécifications d'un client. Voici une brève comparaison entre le développement de produits et le développement d'un système soumis à des spécifications-client :

Développement de produits :

- l'**objectif** d'un processus de développement de produits est de développer un produit répondant aux besoins de différents clients dans un minimum de temps pour permettre à une entreprise de rentabiliser ses dépenses le plus rapidement possible
- l'**identification** des besoins et la spécification des exigences viennent d'études de marché, de commentaires de clients, des idées des employés, de l'analyse de la compétition et de la stratégie de l'entreprise
- les **clients** sont nombreux, souvent anonymes, et possèdent des besoins variés; ils ne font pas directement partie du processus de développement et de fabrication du produit
- le **produit** est habituellement reproduit en un grand nombre d'exemplaires qui sont vendus sur le marché
- le **prix de vente** du produit est déterminé par l'entreprise et dépend des coûts de conception, de production, de mise en marché et des pressions de la compétition.

Gestion de grands projets, développement d'un système :

- l'**objectif** d'un processus de développement de systèmes est de livrer un système répondant aux exigences d'un client, et de fournir les analyses et les validations associées, dans un temps prescrit et pour un coût prédéfini
- l'**identification** des besoins et la spécification des exigences proviennent du client
- le **client** est unique, bien défini, et il fait partie intégrante du processus de développement et de fabrication du système
- le **système** est habituellement produit en un seul exemplaire (ou un nombre restreint d'exemplaires) pour le client
- le **coût du système** et le **temps** pour le réaliser, font partie des contraintes imposées par le client.

Une des principales différences est que, dans le développement du système, le client exige non seulement le résultat final du projet (le produit lui-même), mais aussi toute la documentation sur les analyses, les choix de design, les résultats de tests, les démonstrations de performance et les logiciels utilisés durant le processus de développement du système. Le système fait souvent partie intégrante ou, doit s'arrimer étroitement, à un ou plusieurs autres systèmes du client et doit donc être fait sur mesure. Quelques exemples de développement de systèmes incluent la conception, la réalisation et la livraison :

- d'usines clés en main
- d'un projet de construction industriel ou commercial
- d'une centrale nucléaire
- d'un barrage hydroélectrique
- d'un système de transport (ferroviaire, aéronefs militaires)
- de satellites (télécommunication, télédétection, scientifiques).

La gestion de grands projets est souvent associée au développement de systèmes complexes. Il y a plusieurs définitions de systèmes complexes, en voici une :

Un système complexe est un système qui possède une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- système qui intègre plus d'une discipline des sciences physiques (mécanique, électrique, fluide, thermodynamique, aérodynamique, pneumatique, etc.)
- système dont la réalisation requiert la coordination de plusieurs équipes de travail de disciplines et de formation différentes
- système qui comporte une structure hiérarchique sur plusieurs niveaux, à partir des composantes de base, en passant par les sous-systèmes, jusqu'au système complet
- système qui, à cause de son coût, de sa complexité ou des dangers qu'il représente, doit être conçu à un très haut niveau de détail et testé par simulation avant que la réalisation sur matériel ne soit initiée
- système qui a une autonomie intégrée, qui a une certaine « intelligence » embarquée, lui permettant de prendre des décisions autonomes (c.-à-d.. sans intervention humaine).

Il existe plusieurs standards qui balisent le processus de développement d'un système. Celui utilisé comme référence dans ce projet est tiré du European Cooperation for Space Standardisation (ECSS) qui normalise les activités européennes dans le développement de systèmes spatiaux. La raison de ce choix vient du fait que ce standard :

- est générique : il s'applique non seulement au développement de systèmes spatiaux, mais aussi au développement de tout système complexe
- est bien documenté : tous les documents sont disponibles gratuitement sur Internet
- est similaire au Project Management Body of Knowledge (PMBOK)
- est similaire au développement de technologies spatiales à l'Agence spatiale canadienne et représente ce qui se fait dans ces domaines.

10 GESTION DU PROJET

10.1 Phases du projet

Les phases du projet sont élaborées selon le standard ECSS et adaptés aux besoins du projet S5i. Les grandes lignes de ces phases sont décrites ci-dessous. Nous débutons le projet à la phase B.

Phase 0 : Analyse de mission / Définition des exigences au niveau système

- G.O.1. Élaborer la définition du mandat et les exigences à rencontrer
- G.O.2. Identifier et analyser des concepts possibles
- G.O.3. Identifier préliminairement des risques (technologiques, sociaux, gestion)

Phase A : Faisabilité / Définition du concept

- G.A.1. Planifier la gestion du projet
- G.A.2. Élaborer un plan d'évaluation de risques
- G.A.3. Identifier les activités critiques
- G.A. 4. Confirmer la faisabilité des concepts

Phase B : Design préliminaire

- G.B.1. Traduction des exigences clients en termes d'ingénierie : spécification des exigences de performance et des interfaces du système, spécification des contraintes
- G.B.2. Identifier des solutions/concepts possibles
- G.B.3 Mettre à jour les risques reliés au projet
- G.B.4. Développer des algorithmes du mandat technique
- G.B.5. Évaluer la performance par simulation les différentes solutions pour choisir les plus adéquates
- G.B.6. Définir l'architecture fonctionnelle
- G.B.7. Valider le modèle du système à partir de scénarios
- G.B.8. Définir le WBS, WPD, et la gestion de projet.

Phase C : Design détaillé

- G.C.1. Modéliser, analyser et simuler le système complet
- G.C.2. Évaluer de la performance par simulation
- G.C.3. Planifier les tests

Phase D : Intégration, réalisation et qualification

G.D.1. Évaluer les performances du système (valider les comportements avec le système réel du client)

G.D.2. Implémenter les algorithmes dans le système réel

*Les phases ECSS E et F ne sont pas utilisées en S5i.

10.2 Revues de projet et livrables selon ECSS

Les revues de projet incluent dans une proportion variable des éléments de plusieurs revues de conception définies par l'ECSS, mais ne s'y conforment pas strictement pour des raisons pratiques.

MDR Revue de définition de la mission (Mission Definition Review)

- exécutée à la fin de la Phase 0
- établir le mandat

PRR Revue préliminaire des exigences systèmes (Preliminary Requirements Review)

- exécutée à la fin de la Phase A
- donne les exigences systèmes préliminaires

SRR Revue des exigences systèmes (System Requirements Review)

- exécutée durant la Phase B
- donne les exigences systèmes finales et montre la planification et le développement du projet

PDR Revue préliminaire du système (Preliminary Design Review)

- exécutée à la fin de la Phase B
- décrit l'architecture, les interfaces et le design haut-niveau du système

CDR Revue critique du système (Critical Design Review)

- exécutée à la fin de la Phase C
- décrit le design final du système avant son implémentation

QR Revue de qualification (Qualification Review)

- exécutée durant la Phase D
- Démontrer que le système conçu rencontre les exigences

AR Revue d'acceptation (Acceptance Review)

- exécutée à la fin de la Phase D
- confirmer que le système est opérationnel

11 GUIDE DE LECTURE

11.1 Références essentielles

Tous les documents du site Web de projet de génie informations de la session 5.

ECSS

- Différents liens sur le site WEB du projet
- Présentation sur l'ECSS

Voiture SunFounder

- PiCar-S V2.0 User Manual
- Documentations sur les piles et le circuit (Site Web de projet)

11.2 Documents complémentaires

- Tutoriels et documentions du logiciel Blender (www.blender.org)
- Laboratoire sur le site WEB du projet

12 LOGICIELS ET MATÉRIEL

- Site Web de Raspberry Pi (www.raspberrypi.org)
- Logiciel Bender (www.blender.org)
- Librairies pour le PiCar-S (https://github.com/sunfounder/SunFounder_PiCar-S)

13 SANTÉ ET SÉCURITÉ : DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

Lire et visionner attentivement la documentation et vidéo sur les risques et l'utilisation sécuritaire des batteries au Li-ion. Ces informations sont sur le site Web du projet.

14 PRODUCTIONS À REMETTRE ET ÉVALUATIONS

Les informations sur les productions à remettre font partie des demandes du client et sont les suivantes :

14.1 « Sales pitch » – argumentaire de vente

Cette activité prend forme de présentation orale et sert d'argumentaire de vente. Vous voulez obtenir le contrat de conception. Ainsi, votre présentation doit être concise, convaincante, et professionnelle.

14.1.1 Déroulement de la présentation

La rencontre se déroulera sur 30 minutes :

- 5 minutes pour vous installer
- 20 minutes de présentation
- 5 minutes de questions
- 5 minutes pour quitter avant l'équipe suivante.

Veuillez arriver un minimum de 5 minutes avant votre présentation.

Vous avez à présenter les informations suivantes :

- Analyser les spécifications du client
- Identifier les risques (technologiques, sociaux, gestion)
- Identifier des concepts/solutions potentiels
- Documents de gestion de projet (WBS, WP, WPD, échéancier)

Notez que la présentation, en format PDF, est à déposer sur le site, la journée de l'argumentaire de vente à midi.

14.1.2 Documents ECSS liés au « sales pitch »:

Le document doit présenter une mini version de System Requirements Review (SRR) Les sections suivantes présentent les éléments que vous avez à compléter.

- Résumer en vos propres mots ce que vous comprenez des spécifications du client.
- Développer une première appréciation technique des spécifications du client en lien avec votre contexte d'application.
- Portez attention à mentionner les éléments qui pourraient demander des clarifications ou donnez des suggestions de spécifications à ajouter ou modifier en lien avec votre contexte d'application.
- Décrire à haut niveau vos stratégies de planification pour la gestion, l'ingénierie et l'assurance qualité.
- Préciser les rôles des membres de l'équipe.
- Proposer votre démarche de solutions pour la réalisation du projet (simulation et programmation du véhicule).
- Identifier les éléments technologiques critiques et préciser vos activités préliminaires pour les réaliser.
- Présenter un tableau des risques selon les trois aspects (technologiques, sociaux et gestion) en lien avec votre contexte d'application. Ne pas oublier de préciser les moyens pour mitiger les risques ainsi que la sévérité et les impacts sur le projet.
- Présenter votre WBS, WP, WPD ainsi que votre échéancier de réalisation (Gantt).

14.2 Évaluations périodes – gestion de projet

Les documents à présenter sont une mini version des documents des phases B, C et D, soit le PDR (Preliminary Design Review) et le CDR (Critical Design Review), le QR (Qualification Review), et le AR (Acceptance Review). Les sections suivantes présentent les éléments à compléter aux dates indiquées dans le Tableau 14.1.

PDR (Preliminary Design Review):

(Maximum 2 pages)

- Identifier des solutions techniques pour les concepts choisis
- Développer l'architecture fonctionnelle et le design conceptuel
- Faire le design des interfaces internes et externes du système

CDR (Critical Design Review):

(Maximum 2 pages)

- Faire une étude détaillée des solutions techniques identifiées en Phase B
- Développer les solutions et les valider par simulations
- Planifier les tests

QR (Qualification Review) :

- Implémenter le système en pratique
- Évaluer la performance et démontrer que le système répond aux exigences du client
- Faire un tableau comparant les performances entre la version simulée et la version réelle

AR (Acceptance Review) :

- Démontrer sur le parcours de course que le système est opérationnel
- Faire un tableau présentant vos conformités aux spécifications clients (matrice de conformité)

Conclusion

- Faire un retour sur les performances de vos réalisations
- Expliquer les opportunités d'amélioration de la solution à votre client

14.3 Rencontres/séances de la session

Toutes les rencontres/séances sont obligatoires. 10% de pénalité pour absence ou retard de plus de 10 minutes. Voici les détails de ces rencontres. Il se peut qu'il y ait des ajustements et changements au cours de la session.

Tableau 14.1 - Description des rencontres et des remises

Date	Responsable	Détails	Évaluation		
			C1	C2	C3
7 sept.	Maude et Gabriel	Présentation du projet et de la gestion de projet	aucune		
14 sept.	Gabriel	Utilisation du logiciel Blender	aucune		
21 sept.	Maude	Cours sur ECSS	aucune		
5 oct.	Gabriel	Disponibilités pour questions sur l'examen ECSS et argumentaire de vente	aucune		
12 oct.	Maude	Examen sommatif	40	60	-
19 oct.	Maude et Gabriel	« Sales pitch » – présentation orale	40	40	20
2 nov.	Maude	Suivi de l'avancement de projet – remise PDR	15	10	6
9 nov.	Gabriel	Suivi de l'avancement de projet	-	-	6
16 nov.	Maude et Gabriel	Simulations du véhicule – remise CDR	20	10	6
23 nov.	Maude	Suivi de l'avancement de projet	-	-	6
30 nov.	Maude et Gabriel	Tests de parcours	90	-	10
5 déc.	Maude et Gabriel	Support technique sur la piste de course + Remise QR	15	35	6
7 déc.	Maude et Gabriel	Course/compétition	80	-	10
10 déc.	Maude et Gabriel	Remise AR + Conclusion	15	60	-

14.4 Évaluation de la qualité de la communication et du français

La qualité du français sera évaluée de façon sommative. Une correction dégressive allant jusqu'à 10% du barème sera systématiquement appliquée sur tout tableau, graphique ou présentation d'information difficilement intelligible, mal structuré ou non pertinent et pour les fautes d'orthographe et de grammaire.

14.5 Notes particulières sur les activités

Les activités de projets sont toutes obligatoires. Notez les particularités suivantes :

- Présence obligatoire à l'argumentaire de vente. Absence non justifiée = 0.
- Les points pour la course sont calculés selon la formule suivante :

$$\bullet \text{ Point_par_jalon}(i) = \begin{cases} \frac{70}{nb_jalons} & \text{si jalon réussi avec la bille} \\ 0.5 \left(\frac{70}{nb_jalons} \right) & \text{si jalon réussi sans la bille} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

où un jalon peut être un tournant, un obstacle et arrêt, nb_jalons est le nombre total de jalons.

$$\bullet \text{ Point_ranking} = \begin{cases} 20 \left(\frac{\text{fastest_time}}{\text{your_time}} \right) & \text{si complété le parcours avec la bille} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

où fastest_time est le temps le plus rapide parmi toutes les équipes et your_time est le temps que votre équipe a fait.

$$\bullet \text{ Point_course} = \sum_{i=1}^{nb_jalons} \text{Point_par_jalon}(i) + \text{Point_ranking}$$