



**POLYTECHNIQUE
MONTREAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIÉRIE

MEC3900/AER3900 : Projet intégrateur 3

Enseignants : Dmitri Fedorov, Ramez Zalat, Jean-Paul Lemarquis

TD1 : Fiche d'enregistrement



Introduction



Fiche d'enregistrement



Travail d'aujourd'hui



Annexe : fiches

Présentation

Jean-Paul Lemarquis, ing.

- Coordonnateur du certificat en Design et Fabrication
- Chargé de cours (projets intégrateurs)

Expérience professionnelle

- Ancien de Bombardier: Aéronautique et Transport (Retraité depuis fin 2019)
 - Doyen de l'université Bombardier en génie
- Plusieurs années d'expérience en entreprises en conception et fabrication mécanique ainsi qu'en Amélioration Continue
- Chargé de cours département de génie mécanique (depuis 1990)

Mes objectifs

- Supporter les étudiants afin qu'ils atteignent les objectifs du cours:
 - Souligner et renforcer les aspects positifs
 - Indiquer les occasions d'amélioration
- Partager mon expérience afin de les préparer à leur future carrière professionnelle



2024A – Groupes 1A et 1B (Tableau sur Moodle)

Nom	Prénom		Nom	Prénom
Beirouty	Sami		Bel	Emilien
Boilard	Charles		Cartier	Victor
Côté	Edouard		David	Alessandro
Dupont-Nadeau	Rafahel		Ethier	Théo
Gaiardo	Nicolas		Gomes	Thiago Marra
Gaouette	Émile		Goyette	Loïc
Gosselin	Christophe		Hana	Manal
Gravel	Julianne		Lamartine Rainville	Matias
Hourcade	Emmanuel		Morin	Xavier
Leung	Jason		Pouthier	Grégoire
Raffali	Mehdi		Rinfret	Christophe
Rainville	Christophe		Robert	Mathieu
Rizkalla	Antoine		Rochon	Océane
Santonja	Emeline	PI3 - TD #1 : Fiche d'enregistrement	Yammine	Michael

2024A – Groupes 2A et 2B (Tableau sur Moodle)

Nom	Prénom		Nom	Prénom
Bal	Victor Édouard		Ben Khaled	Omar
Bourassa	Zacharie		Fiorello Riina	Cédric
Flichy	Valentine Charlotte Marie		Gaudio	Lucas
Gonzalez Contreras	Hernan Felipe		Hechiche	Omar Yannik
Landry	Audrey-Ann		Malenfant-Poulin	Rose
Le Pouhaër	Joan		Morales Chaurette	Gabriel
Raidy	Boudi		Tchonang Fokou	Yves-Maureen
Tremblay	Philippe			

Tour de table initial

Présentez-vous :

- Avez-vous déjà un projet ?
- Quel est votre sujet souhaité ?
- Qui avez-vous approché pour diriger votre projet ?

But :

- Connaître ses collègues !
- Être à l'aise pour présenter devant public, que ce soit à distance ou en présentiel



Introduction



Fiche d'enregistrement



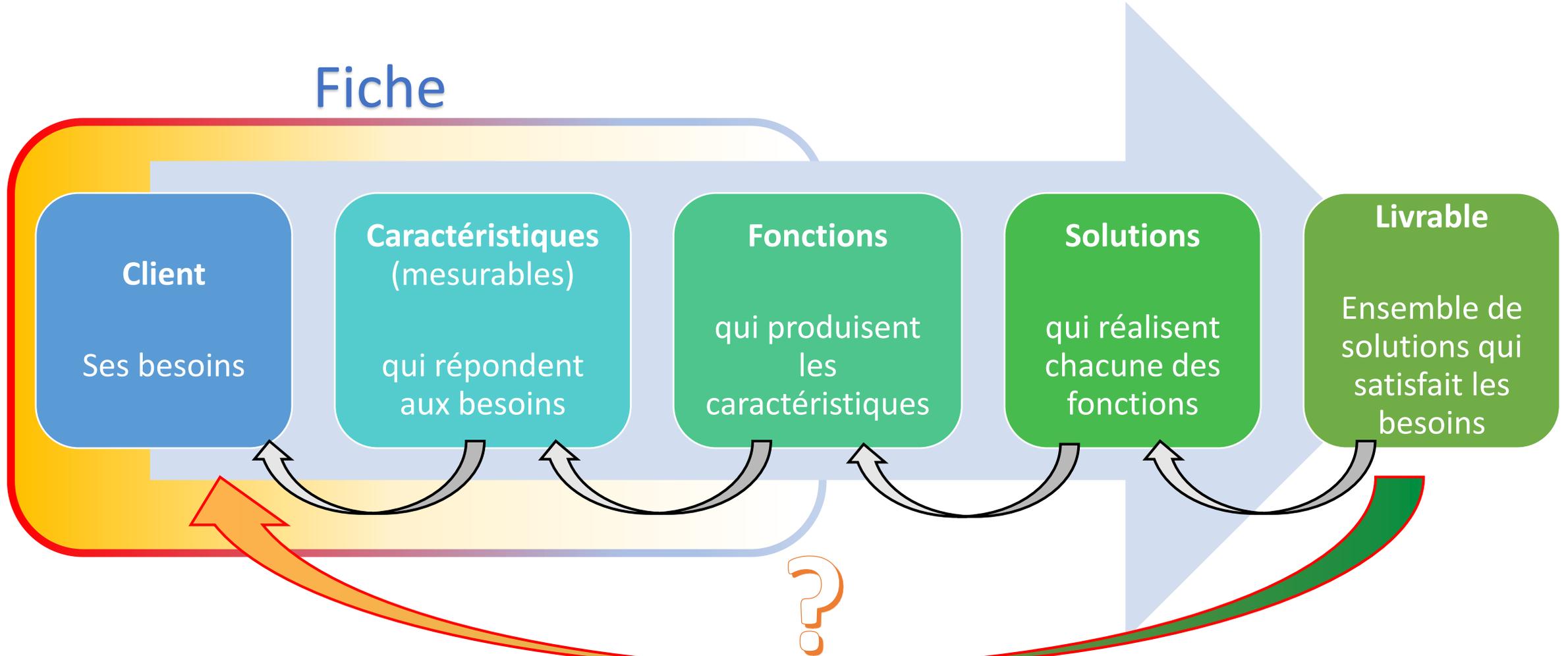
Travail d'aujourd'hui



Annexe : fiches

Perspective: Progression logique + itérations

Fiche



Fiche : résumé des consignes

Section	Éléments importants
Titre du projet	Spécifique; concision et précision (image professionnelle !)
Contexte Limites du mandat	Client et/ou utilisateur, Étendue (scope) et limites du mandat, schéma « entrées / sorties » du système; illustrations
Besoins	Principaux besoins explicites (+ implicites)
Caractéristiques du livrables	Caractéristiques mesurables; Cibles visées Adéquation avec le besoin
Fonction principale	Décrit ce que fera le système; Formulée avec verbe d'action ! Une seule phrase,
Méthodologie proposée	Liste de tâches spécifiques au projet, outils et ressources, étapes de validation, cohérence de l'angle d'attaque et de l'étendue (<i>scope</i>)
Échéancier	Diagramme de Gantt, jalons, heures prévues, relations entre les tâches, parallélisation, prise en compte des collaborateurs

Consignes complètes :
Cours # 2

Le dépôt des
fiches sur
Moodle

Sera activé par
le responsable
du cours

La fiche - Contexte + Présentation

Le projet :

- Clairement motivé : il est clair pourquoi il est entrepris, l'utilité / avantage recherché, la raison pour laquelle les systèmes actuels sont insatisfaisants

Question:
Pourquoi ?

Le client ou l'utilisateur

- Celui/ceux dont on cherche à combler le besoin. Il est identifié avec précision

Une illustration

- Pertinente permet de contextualiser le problème

Question:
Pour qui ?

Le ton

- Choisi est approprié : suffisamment technique pour situer clairement la contribution attendue, mais sans pour autant tomber dans le jargon. Les termes appropriés sont définis.

La qualité de la communication

- Écrite (vocabulaire, syntaxe, grammaire, orthographe) ne nuit pas à la compréhension du message

La fiche - Fonctions + Méthodologie

La fonction

- Décrit ce que fera le système développé de manière non ambiguë et vérifiable
- Résume le projet et démontre un effort de synthèse de la part de l'étudiant

Question:
Quoi ?

L'angle d'attaque du projet

- Clair et l'étendue est réaliste pour un travail de 110h, le travail est bien balisé.

Les tâches à accomplir

- Suffisamment précises (ex : on évite les verbes vagues sans qualificatifs tels "tester", "optimiser", etc. ou les tâches génériques telles "recherche de concepts", "conception préliminaire", "conception détaillée")

Question
Comment ?

Les outils et les ressources employées

- Correctement identifiées pour les différentes tâches

La méthodologie

- Témoigne d'une approche itérative de la conception, on ne travaille pas en boucle ouverte
- Des étapes de validation adéquates sont prévues

Les livrables attendus

- Pertinents pour répondre au besoin du client, et réalistes quant à l'étendue du projet
- Mesurables !

La fiche - Gestion du projet

L'échéancier

- Présente les tâches et les heures consacrées à celles-ci
- Témoigne d'une réflexion sur la criticité des tâches et la parallélisation. Des marges suffisantes existent pour les tâches faisant appel à des ressources externes (ex : fournisseurs).

Question:
Quand ?

Des rencontres

- Prévues et planifiées dans l'échéancier avec le directeur; des jalons structurent la réalisation du projet.

Question:
Combien ?

Des estimations

- Budget
- Contraintes

Erreurs typiques : Échéancier

Attention :

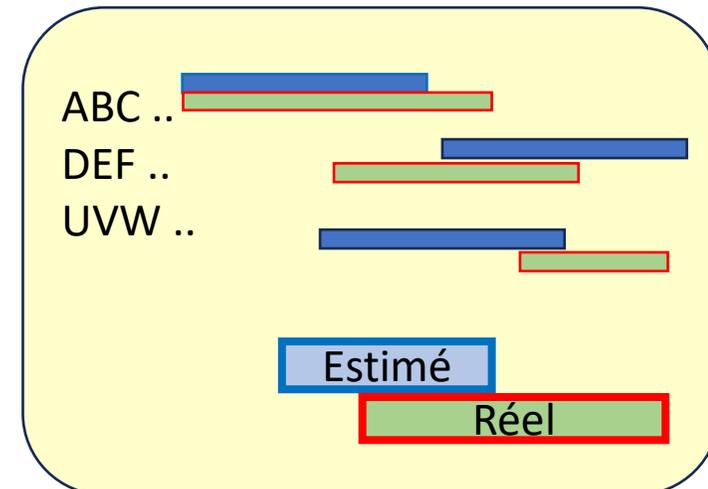
- L'échéancier n'est pas simplement la méthodologie répartie sur une échelle temporelle.
- C'est votre outil qui documente votre gestion durant la réalisation de votre projet

Questions à se poser :

- Quelles sont les dates butoirs (jalons) ?
- Où se trouve la flexibilité ?
- À quel endroit une marge de sécurité doit-elle être laissée ?
- Quelles tâches peuvent / doivent être faites en parallèle ?

Évaluation :

- Régulièrement, en cours de projet
- Critère d'évaluation: sa bonne tenue et sa mise à jour (en temps réel)



Autres erreurs typiques

Question à poser:
Pourquoi ?

Considérer superficiellement les besoins du client

- Qui exactement va utiliser votre produit, et dans quel but ?
- Que va-t-il falloir à cette personne pour l'utiliser ?
- Est-ce réellement un besoin ou une idée préconçue de la solution ?

Formuler un objectif vague ou non validable

- Quelle est la différence entre un client satisfait et un client insatisfait ?

Choisir un projet trop large → Irréalisable (ou irréaliste)

- Est-ce qu'un cahier des charges pour votre produit nécessite 10 pages pour être complet, ou peut-il tenir à quelques éléments clés ?
- Est-ce réalisable en 110 h ?
- Quels sont les éléments qui devraient être laissés à d'autres projets ?

Un
résultat
tangibile
!

Le client compte sur ce que vous vous engagez à livrer !

Autres erreurs typiques

Choisir des outils inadaptés

- Avez-vous vraiment besoin d'Arduino / d'une analyse par éléments finis / etc pour atteindre vos objectifs ?

« If all you have is a hammer, everything looks like a nail »

Négliger la forme du travail

- Une seule lecture est-elle suffisante pour comprendre ?
- Quels outils utiliser pour faciliter la compréhension ?
 - « Décrire » ne veut pas dire « écrire » !
- Le document projette-t-il une impression de compétence et de professionnalisme
- Le vocabulaire est-il suffisamment précis : tester, analyser, concevoir, réaliser...
 - Seuls, ces mots peuvent signifier n'importe quoi !

- Introduction
- Fiche d'enregistrement
- Travail d'aujourd'hui**
- Annexe : fiches

Exercice équipes de deux

Travailler sur une fiche (celle d'un des coéquipiers ou un exemple)

- Est-ce que chacune des sections est assez claire et spécifique ?
- Est-ce que la validation prévue est réaliste pour un PI3 et permettra-t-elle de porter un jugement objectif sur la solution ?
- Quelles modifications concrètes apporteriez-vous à la fiche?

Réflexions complémentaires : Avant même de commencer à concevoir,

- Mieux comprendre le besoin, établir des niveaux pour certaines caractéristiques du livrable qui répondra à ce besoin et préciser les fonctions qui permettront de réaliser ces caractéristiques
- Observez et interrogez le(s) client(s).
 - « Learn first, then design » :

Répondre:

- Le besoin ?
- Le livrable: (non la solution qui le produira)?
 - Ses caractéristiques et comment les évaluer ?
 - Quelle cible sera visée ?

But : Préparer votre fiche !

Donner et recevoir une rétroaction (feedback)

Format : Annotez un document word ou pdf afin que les modifications soient clairement visibles

Note sur les fiches anonymisées

Les exemples suivants sont :

- Souvent des premiers jets,
- Ils ont été significativement retravaillés par la suite.

Ils ont été retenus dans un but pédagogique :

- Il ne s'agit pas de critiquer l'auteur sans raison;
- Mais bien de s'en inspirer afin de comprendre les pièges associés à la définition d'un projet.

Note sur la rétroaction (feedback)

But:

- Aider l'auteur à améliorer son travail. Nous n'avons peut-être pas tous le « bon ton ».

Émetteur

- Personne ne détient la vérité; il s'agit de votre perception à la lecture à ce qui est présenté
- Verbalisez vos commentaires de la façon dont vous aimeriez vous-même les recevoir
- Vos commentaires concernent le contenu du document, et non la personne
- Soyez attentif à la réception de l'autre lorsque vous donnez des commentaires (observez les réactions non-verbales)
- Une rétroaction est plus constructive si elle débute par ce qui est à améliorer, et se termine sur les points positifs

Récepteur

- Recevoir les commentaires sur votre travail ; ceci n'est pas une remise en question de vos qualités de chercheur ou d'ingénieur
- Être à l'écoute lorsque vous recevez les commentaires (ex. Cette personne voit-elle juste ou n'aurait pas compris ce que je voulais exprimer dans mon texte, comment puis-je en tenir compte ou l'aider?)

Source : CAP7002 Stratégies de recherche à la maîtrise en génie

Tour de table

Rétroaction sur une fiche

- Ce que vous appréciez
- Ce que vous conserveriez
- Quelles modifications concrètes suggérez-vous d'y apporter, et pourquoi ?

Comment quittez-vous cet atelier ?

Que retenez-vous ?

Êtes-vous plus confiant/e pour débiter la réalisation de votre projet ?





Introduction



Fiche d'enregistrement



Travail d'aujourd'hui



Annexe : fiches

Fiche-exemple #1

Contexte : Il est important pour tout propriétaire d'une automobile de prendre soin de son véhicule afin d'assurer sa fiabilité et sa longévité. Un des moyens d'y arriver est de procéder à un lavage complet de la voiture sur une base régulière. Cependant, nettoyer son véhicule soi-même peut parfois s'avérer long et exigeant et quant aux lave-autos, le résultat obtenu avec ceux-ci est très souvent décevant et leur utilisation peut être chère sur le long terme.

Fonction principale : Concevoir et fabriquer un robot pas cher capable de procéder au lavage d'une voiture.

Méthodologie proposée :

- 1) Collecter des informations sur le sujet
- 2) Rédiger un cahier des charges
- 3) Élaborer des pistes de solution
- 4) Sélectionner la solution optimale
- 5) Modéliser à l'aide d'un logiciel 3D la solution retenue
- 6) Procéder à une analyse par éléments finis
- 7) Fabriquer le prototype
- 8) Tester le prototype
- 9) Analyser les résultats obtenus

Livrables attendus :

- 1) Le robot doit pouvoir nettoyer une voiture sale avec un taux d'efficacité de 95 %
- 2) Réaliser le nettoyage complet entre 15 et 30 minutes
- 3) Le coût de fabrication du robot ne doit pas excéder le prix de vente des autres robots similaires sur le marché.

Fiche-exemple #2

Contexte : Le stationnement en créneau d'un véhicule peut s'avérer une tâche difficile pour bien des conducteurs et nécessite l'application de techniques particulières. Pour faciliter cette tâche, il serait judicieux de concevoir un système de roues capable d'effectuer une rotation de 90 degrés et permettre au véhicule de glisser latéralement dans l'espace prévu.

Fonction principale : Concevoir un châssis dont les roues peuvent effectuer une rotation de 90 degrés.

Méthodologie proposée :

- 1) Recueil d'informations pour comprendre ce qui limite le mouvement des roues à l'aide d'Internet.
- 2) Établissement d'un cahier des charges à l'aide des informations recueillies
- 3) Un prototype devra être réalisé à l'aide d'outils tels qu'Arduino
- 4) Exploration des solutions possibles et croquis
- 5) Établissement d'un budget
- 6) Calculs préliminaires
- 7) Fabrication d'un prototype (Arduino et atelier de fabrication)

Livrables attendus :

- 1) Dessin 3D
- 2) Dessins techniques
- 3) Prototype fait avec Arduino
- 4) Rapport technique

Fiche-exemple #2 : échéancier



Fiche-exemple #3

Contexte : Le domaine brassicole est un domaine qui demeure porteur peu importe le pays d'exploitation. La disponibilité des ingrédients dépend du pays d'exploitation ce qui vient avec coût ces pays. Certains pays africains ont des ingrédients qui demeurent sous-exploités pour la fabrication de la bière, mais dont le potentiel est significatif. Parlant de la banane et de la bière, les problèmes pouvant subsistés sont le nettoyage, l'épluchage, le râpage et la filtration.

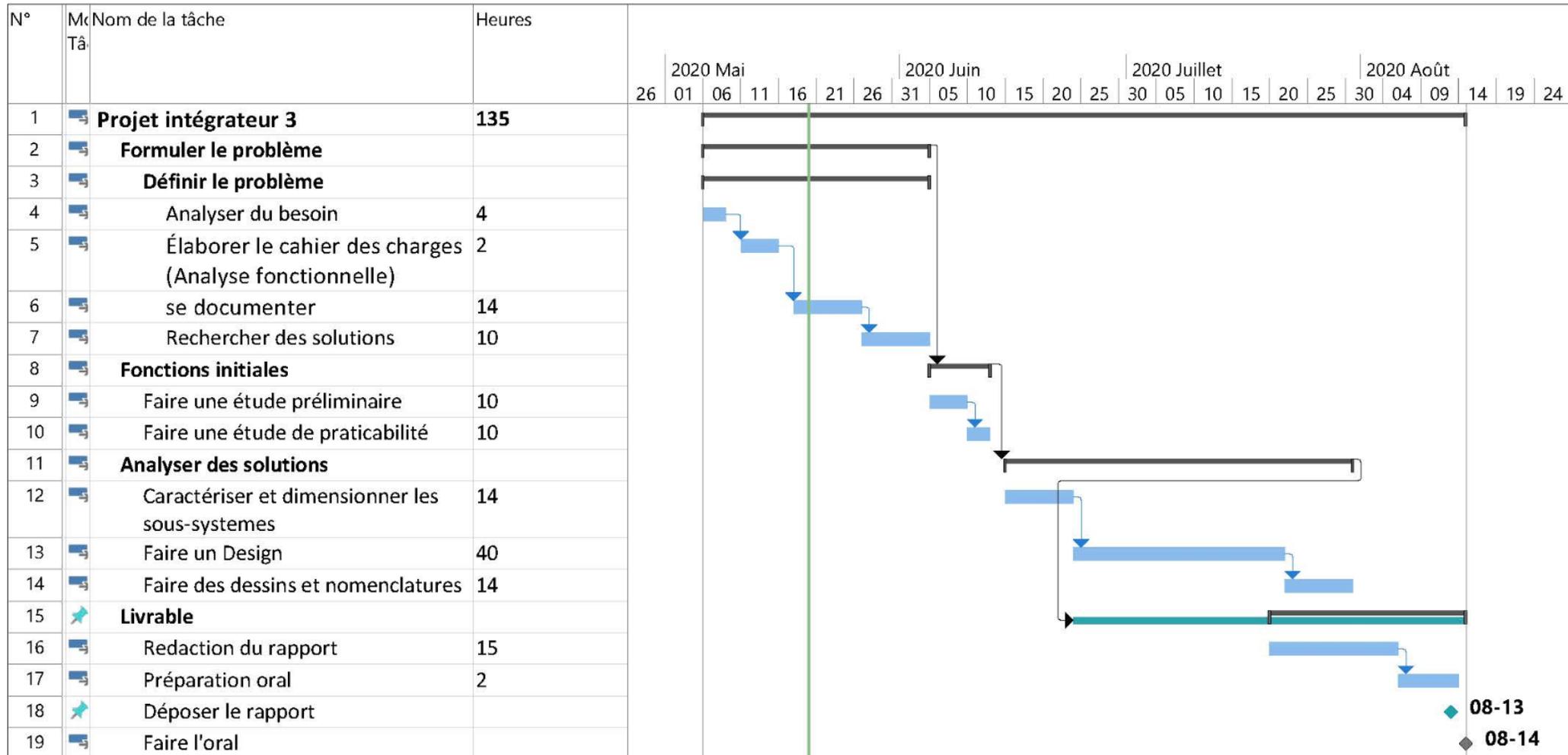
Fonction principale : Concevoir et modéliser un éplucheur automatique et d'un système de filtration.

Méthodologie proposée :

- 1) Analyse des différentes étapes de brassage traditionnelles
- 2) Description des problèmes liés à l'utilisation des tubercules et de la banane dans une usine
- 3) Description des étapes additionnelles dues à l'ajout des machines conçues
- 4) Recherche documentaire des machines similaires
- 5) Analyse des forces nécessaires à la découpe du manioc et de la banane
- 6) Choix des éléments constituant les machines conçues
- 7) Modélisation de la solution et des dessins techniques

Livrables attendus :
Dessins techniques

Fiche-exemple #3 : échéancier



Fiche-exemple #4

Contexte : Vivant maintenant au deuxième étage d'un bloc appartement, il nous est très difficile de monter mon vélo chez nous sans danger étant donné les marches en colimaçon et en métal, c'est pourquoi j'ai pensé développer un remonte vélo pour rendre la tâche plus simple.

Fonction principale : Remonter un vélo sans danger

Méthodologie proposée : Je vais commencer par recueillir l'information nécessaire pour développer un vélo de manière sécuritaire et qui pourra être installé de manière simple. Par la suite, je vais établir un cahier de charge pour déterminer les problèmes importants à cerner, ce qui sera suivi d'une solution préliminaire. Ensuite, je continuerai par modéliser la structure pouvant monter le vélo et le supporter en voiture. Finalement, je vais construire le remonte vélo sans le support à vélo pour voiture étant donné mes fonds limités, mais la partie remonte vélo sera construite en taille réelle. Il y aura une période de tests pour s'assurer que ça marche bien.

Livrables attendus : Un remonte vélo qui est aussi un support à vélo pour voiture sera modélisé et la partie remonte vélo sera construite pour pouvoir s'adapter au balcon. Le remonte vélo devra alléger la tâche de celui qui monte le vélo et ceci de manière sécuritaire pour tous.

Fiche-exemple #4 : échéancier

Étape	Temps de travail prévu (heures)	Tâche	Échéancier		Dates exactes des remises des livrables														
			Durée		Août	Septembre				Octobre				Novembre				Décembre	
					26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2
1	2	Rencontre avec le directeur de projet	1 jour par rencontre		■														
2	3	Description du projet et son échéancier	2 jours			■													
3	1	Visite de l'atelier de Polyfab	1 jour				■												
4	10	Collecte d'information utile au développement du projet	3 jours				■	■											
5	12	Cahier de charge préliminaire	4 jours					■	■										
6	5	Cahier de charge final	2 jours						■	■									
7	8	Proposition de solutions préliminaires	5 jours							■	■	■							
8	20	Modélisation détaillée de la solution retenue	10 jours								■	■	■	■					
9	30	Fabrication du prototype taille réelle	20 jours										■	■	■	■	■		
10	4	Test du prototype	2 jours															■	■
11	5	Analyse des résultats des tests du prototype	2 jours																■
12	25	Rédaction du rapport	25 jours																■
13	10	Préparation à la présentation	3 jours																■
Total	135																		

Fiche-exemple #5

Contexte : Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un projet global de doctorat portant sur l'optimisation et la valorisation des particules de noir de carbone recyclées par pyrolyse des pneus usagés pour une application composite thermoplastique en environnement tropical.

Le noir de carbone contenu dans les pneus est récupéré pour être utilisé comme charge dans une matrice thermoplastique polyéthylène à haute densité. Un pneu contient 25-30 wt. % de noir de carbone, qui sert à son renforcement notamment pour améliorer l'adhérence et limiter l'usure. La pyrolyse est un processus thermique de décomposition de la matière sous atmosphère raréfiée ou inerte. Le noir de carbone issu de la pyrolyse des pneus contient tous les grades de particules de noir de carbone qui sont différents dépendamment si le renforcement est pour la bande de roulement ou les flancs ou d'autres parties du pneu.

Le noir de pyrolyse contient le noir de carbone initialement dans le pneu, quelques dépôts carbonés, résidus de la décomposition par pyrolyse ainsi que toute matière solide organique contenue initialement dans le caoutchouc.

Fonction principale : Optimiser la qualité des particules de noir de carbone obtenues par pyrolyse des pneus pour favoriser leur dispersion dans une matrice HDPE.

Méthodologie proposée :

- 1) Les particules seront désagglomérées mécaniquement (broyage) avec différents équipements : à sec ou avec l'ajout d'
- 2) L'état du broyage sera vérifié en microscopie électronique à balayage
- 3) Les particules broyées seront mélangées dans un mélangeur interne et/ou dans une extrudeuse bi-vis
- 4) Le composite sera caractérisé en microscopie électronique à balayage et/ou en rhéologie et DMA pour vérifier la dispersion
- 5) Une sélection du processus de broyage sera faite en fonction des résultats obtenus

Fiche-exemple #5 : échéancier

Année 2020	Janvier							Février							Mars					Avril									
	16	17	21	23	24	28	30	31	4	6	7	10	11	13	19	20	21	10	13	14	21	22	28	29	4	5	17		
PROJET PI3																													
Définition du projet	■																												
Recherche bibliographiques				■							■								■	■									
Rédaction du rapport																			■	■	■	■	■	■					
Préparation de la soutenance																									■	■			
Soutenance (17 avril 2020)																												■	
EXPERIMENTAL																													
1 - Fabrication																													
Broyage mécanique																													
Mélangeur en milieu sec no 1		■																											
Mélangeur en milieu sec no 2					■																								
Mélange en milieu humide avec solvant							■																						
Mélange X (choix)												■																	
Mélange et extrusion																													
Mélangeur interne									■																				
Extrudeuse bi-vis										■					■														
2 - Caractérisation																													
Microscopie MEB des particules			■			■		■					■																
Microscopie MEB des composites																■													
Rhéologie des composites										■		■				■													
DMA des composites																	■												

Légende:

■	Demi-journée (4h)
■	Journée complète (8h)
■	Date de remise/ présentation

Fiche-exemple #6:

Dispositif pour aligner des noix de Caryer dans le sens d'ouverture

Contexte

- Les noix de Caryer sont trop robustes pour les ouvrir avec des casses noix typiques. Il faut donc souvent les briser au marteau en les frappant dans une position spécifique, mais ce procédé crée des éclats pouvant blesser la personne et requiers de la force. De plus, cette action est chronophage et donc cette noix est peu commercialisé dans sa forme pure et plutôt broyée pour son huile. Cependant, si une machine était capable de recevoir des noix dans un bac et les aligner dans le sens d'ouverture pour maintenir le fruit intact, il suffirait d'avoir un piston au bout du convoyeur pour les briser ce qui pourrait accélérer et faciliter le procédé d'ouverture des noix

Fonction principale :

- À la fin de mon projet, la produit sera capable d'aligner des noix de Caryer dans le sens d'ouverture et les placer sur un convoyeur

Livrables attendus

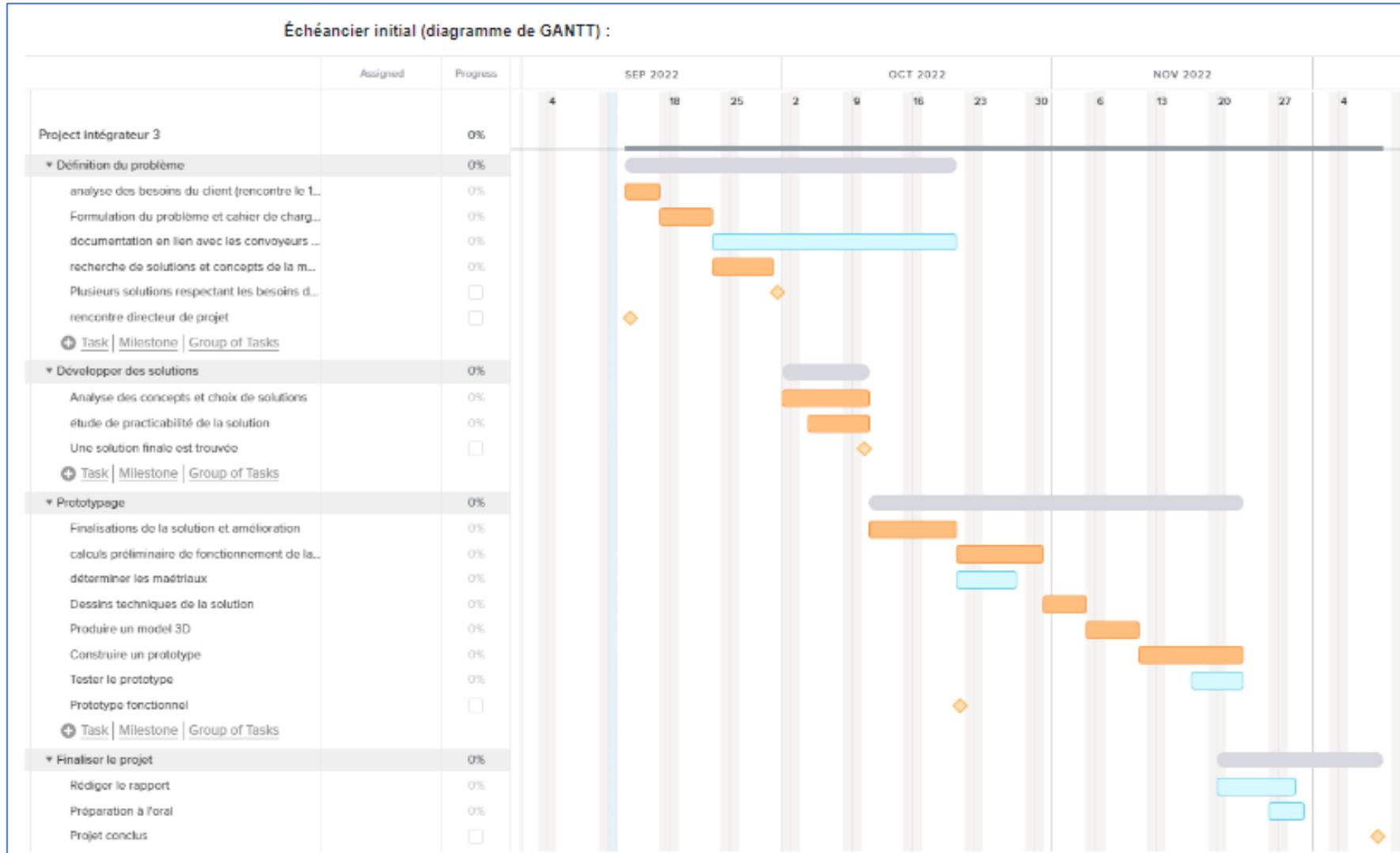
- 1) Dessins 3D
- 2) Rapport technique
- 3) Prototype
- 4) Dessins techniques

Fiche-exemple #6

Méthodologie proposée :

1. Analyse des différents moyens de modifier la position d'un objet sans brat robotique et recherches sur le fonctionnement des convoyeurs sur internet.
2. Établissement d'un cahier de charges à partir des recherches effectuées.
3. Recherche de solutions potentielles en effectuant des croquis et vérifier qu'elles ne sont pas brevetées puis faire une étude de praticabilité des solutions pour garder un concept final.
4. Calculs préliminaires vérifiant les forces requises pour aligner les noix et choix de matériaux possédants des propriétés physiques suffisantes pour accomplir les fonctions du produit.
5. Établissement d'un budget en fonction des matériaux choisis.
6. Production des dessins techniques de la machine.
7. Création d'un model 3D sur Catia V5 et d'un prototype avec Arduino servant à effectuer des test du fonctionnement de l'alignement et du convoyeur.
8. Rédaction d'un rapport technique résumant toutes les étapes du projet et contenant toutes les informations de la machine.

Fiche-exemple #6 : échéancier



Fiche-exemple #7:

Supports d'avant-bras pour une marchette pédiatrique

Contexte

- Le présent projet est en affiliation avec l'entreprise Solutions Ora, une compagnie se spécialisant dans la conception d'outils de réadaptation adaptés. La **marchette** pédiatrique HOMY est une des réalisations présentement en développement par Solutions Ora. Cette **marchette** est en fait un outil de réhabilitation pour les enfants avec paralysie cérébrale. Cet outil est conçu pour aider la réhabilitation des patients et à favoriser la progression autonome.
- Avec la **marchette** actuellement conçue, le support du poids de l'enfant est pour l'instant seulement assurée par le support aux hanches. Puisque l'outil de réhabilitation doit être le mieux adapté à l'enfant pour une réhabilitation optimale, un support supplémentaire à l'enfant serait utile pour sa stabilisation et le développement de ses habiletés motrices.
- Les supports d'appui-bras serviraient donc à faciliter la stabilité de l'enfant et à rendre la **marchette** propice aux développements des enfants.



Fiche-exemple #7

Fonction principale :

- Ajouter un système de supports d'avant-bras à une **marchette** pédiatrique qui servira de support supplémentaire au patient, se conformant adéquatement aux besoins spécifiques d'enfants atteints de paralysie cérébrale.

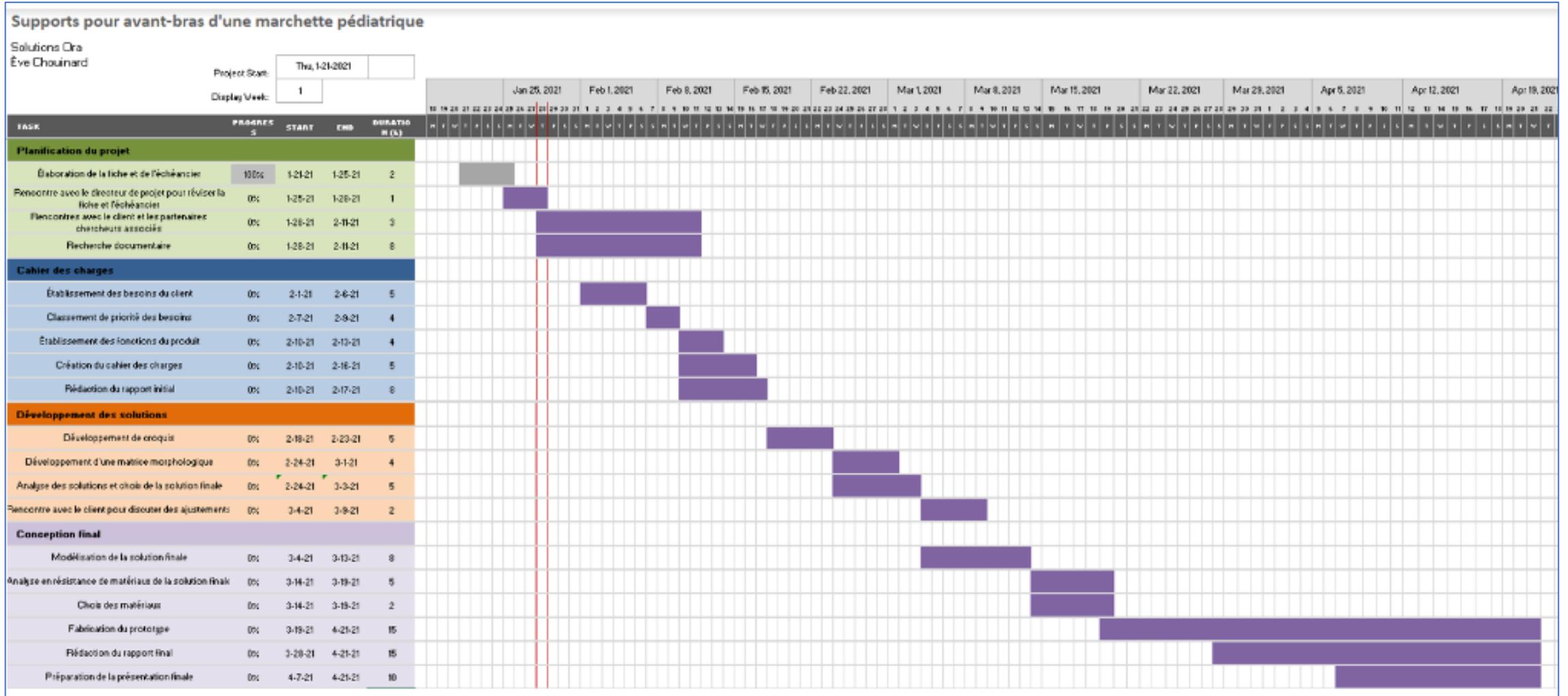
Méthodologie proposée :

1. Collecter les informations nécessaires pour identifier les besoins du projet
2. Rencontres avec les partenaires et les chercheurs associés de la compagnie
3. Mise en place d'un cahier de charges
4. Élaboration de plusieurs solutions potentielles
5. Évaluation des solutions et choix final
6. Modélisation de la solution
7. Ajustement des dimensions et des matériaux en fonction des calculs et des analyses de la modélisation
8. Fabrication du prototype
9. Tests du prototype sur la **marchette**

Livrables attendus :

Présentation d'un rapport détaillé expliquant la solution optimale. La conception d'un prototype qui pourra être présentée au client afin de prochainement planifier l'intégration à la **marchette**.

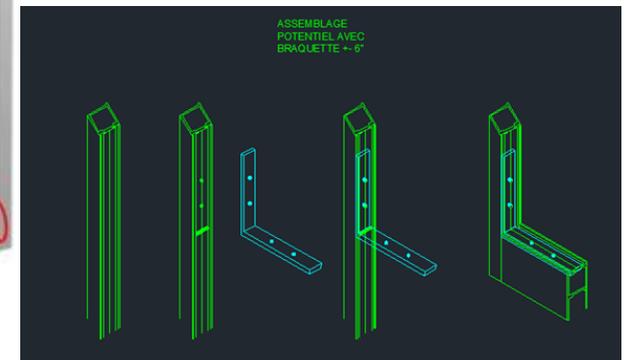
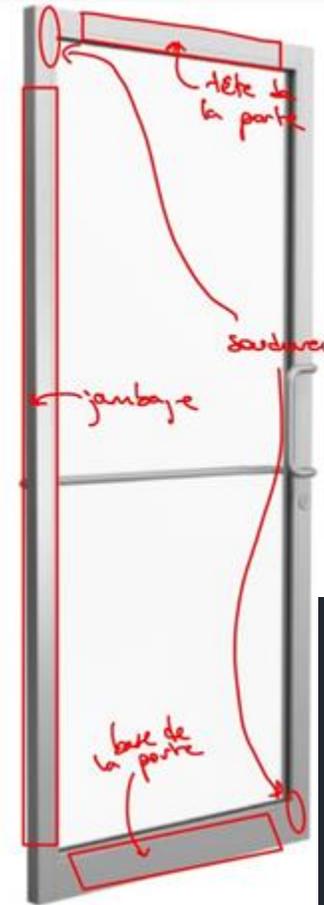
Fiche-exemple #7 : échéancier



Fiche-exemple #8: Conception d'un assemblage mécanique pour porte assurant des performances similaires à de la soudure

Contexte :

Ce projet se fait en collaboration avec l'entreprise vitrerie2020, spécialisée en fenestration. Lors de ce projet, il s'agira de concevoir un assemblage mécanique pour de porte assurant une performance similaire à de la soudure. Ce projet a été lancé par la compagnie mais s'est vu mettre sur la glace depuis 3 mois à cause des nombreux contrats que cette dernière a signés. Le modèle en place présentement est le suivant, les portes sont soudées au niveau des coins, mais l'entreprise souhaiterait se différencier de la concurrence en adoptant un autre procédé. Ce dernier serait un assemblage mécanique des portes à l'aide de braquettes en L qui seraient vissées dans les extrusions, permettant de faire la liaison entre les jambages et la tête de porte ainsi que la liaison entre les jambages et la base



Fiche-exemple #8

Fonction principale:

- Supporter les mêmes contraintes de torsion et résistance qui sont exigées pour la porte déjà existante dont le montage se fait par soudure. Cela devra se faire sans causer de problèmes quant à la pose des différentes pièces de quincaillerie lors de l'assemblage final.

Livrables attendus :

- Plan AutoCAD de l'assemblage finale contenant la braquette en L.
- Modèle 3D de l'assemblage, utilisable pour la réalisation d'un prototype.
- Rédaction d'une revue de performance pour avoir un point de comparaison avec l'assemblage par soudure :
 - Tests de simulation montrant les performances de l'assemblage mécanique tel qu'il serait en conditions réelles.
 - Comparaison des coûts (cf BOM) entre l'assemblage mécanique et la soudure.
- Rédaction d'un rapport technique (justifiant des simulations et analyse par éléments finis)
- Prototype des pièces présentes dans l'assemblage pour que le client ai une idée de ce à quoi ressemble le montage final.

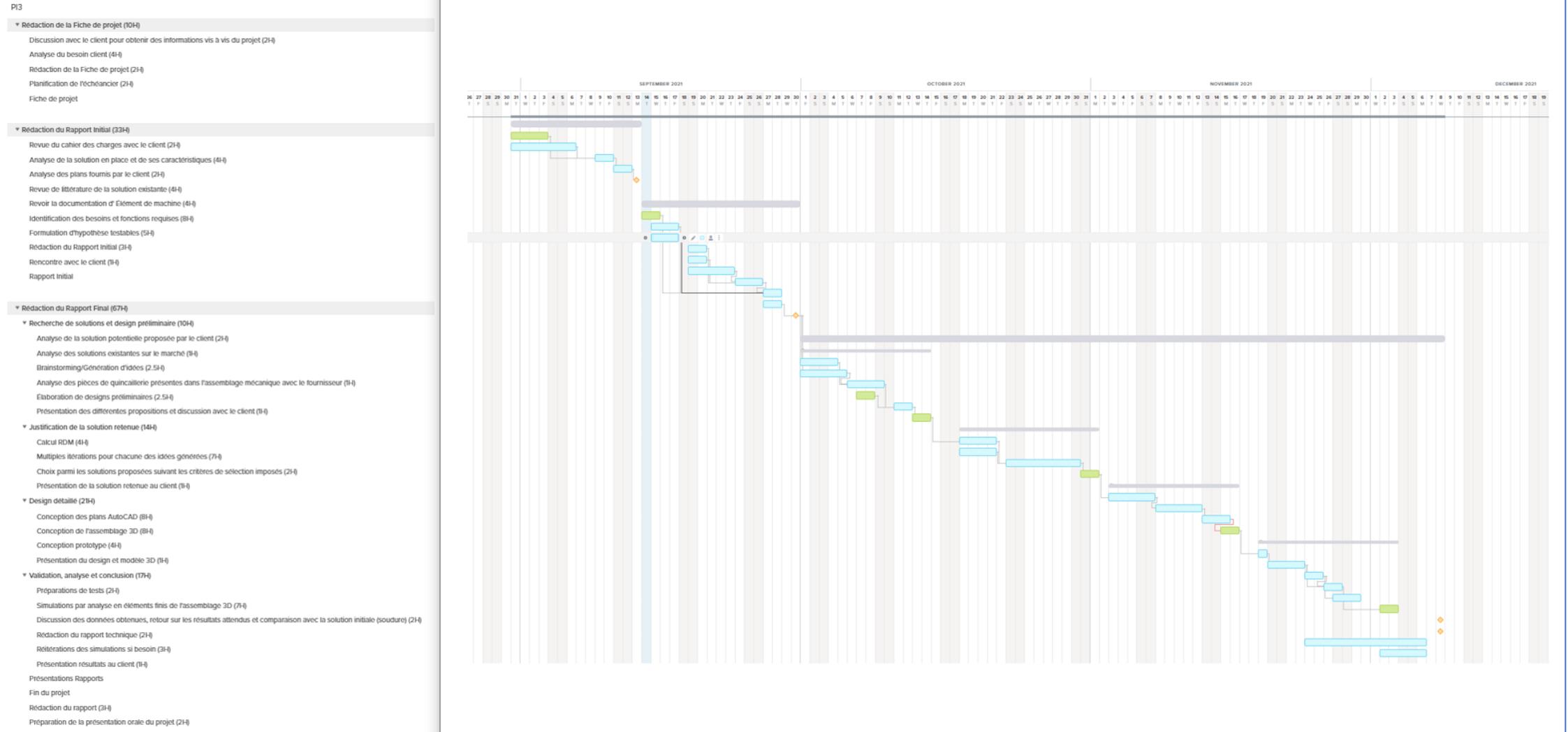
Fiche-exemple #8

Méthodologie proposée:

- Étude du produit actuellement proposé par le client pour en connaître les caractéristiques (résistance structurale, résistance en torsion, etc..) et discussion avec le fournisseur pour connaître les différentes pièces présentes dans l'assemblage.
- Analyse des produits déjà existants sur le marché comprenant la même technologie.
- Analyse du cahier des charges du client et apport de modifications si jugé nécessaire pour le bon déroulement du projet, afin de connaître les contraintes auxquelles le montage se devra de résister.
- Revoir la littérature sur le cours d'éléments de machine pour être apte à faire des itérations sur les différents modèles proposés.
- Se renseigner sur les outils et la documentation permettant de faire de l'analyse par éléments finis.
- Faire des itérations pour tester les différentes solutions proposées. Changer les paramètres de la formule un à un et analyser les solutions entre elles afin d'en tirer la plus adéquate pour la suite du projet (jouer avec épaisseur, largeur, hauteur pour trouver la solution la plus optimale).
- Proposition de solutions potentielles au client et rédaction d'une liste des pièces à utiliser dans l'assemblage
- Faire un BOM (Bill Of Material) et contacter le fournisseur pour s'assurer avec lui que toutes les pièces de l'assemblage soient correctes et qu'il n'en manque pas
- Élaboration 3D des pièces et de l'assemblage (utilisation du logiciel Catia)

- Simulation faite sur l'assemblage mécanique pour voir si ce dernier résiste au stress mécanique (torsion, test de résistance) exigés dans le cahier des charges.
- Dresser un rapport technique des résultats de simulations (en quoi étaient-ils nécessaires, les résultats sont-ils satisfaisants)
- Discuter du rapport technique avec le client et apporter des modifications/refaire des tests au besoin. Dans ce cas il faudra revoir la conception de l'assemblage 3D pour obtenir des résultats plus satisfaisant vis-à-vis des requis du cahier des charges.

Fiche-exemple #8: Échéancier



Fiche-exemple #9 : Modèle numérique d'un dispositif de calibration des poudres pour la fabrication additive

Contexte:

À la suite d'une croissance rapide, la fabrication additive permet maintenant la production de pièces métalliques complètes. Ce procédé utilise des poudres métalliques comme matière première. Celles-ci sont constituées de fines particules (granules dont la taille varie de 5 à 50 μm) et leur utilisation dans la fabrication additive entraîne la présence d'écoulements granulaires. Un mauvais contrôle de ces écoulements peut entraîner plusieurs problèmes dans les pièces finales telles que la présence de zones poreuses ou de contraintes résiduelles élevées, ce qui peut mener à la production de pièces variables et défectueuses. Les propriétés des pièces dépendent, entre autres, de la qualité des poudres. Il est donc nécessaire de mieux caractériser ces poudres et leur comportement en écoulement afin d'éliminer les sources de variabilité et accroître la robustesse de la fabrication additive. Ainsi, à l'aide de la modélisation numérique, il est possible de reproduire le comportement des poudres pour ensuite mieux prédire les écoulements granulaires dans le contexte de la fabrication additive. L'un des modèles utilisés pour ce type de matériau est la méthode des éléments discrets (MED). Elle permet de simuler les écoulements granulaires et ainsi de mieux comprendre l'impact des propriétés microscopiques des particules et de leurs interactions (friction, emboîtement, cohésion) sur le comportement macroscopique des écoulements. Il est ensuite possible d'améliorer les caractéristiques des poudres notamment par l'ajout de particules ultrafines et par la modification de la surface des particules.

Fiche-exemple #9 :

Fonction principale :

- Concevoir un modèle numérique d'un dispositif de calibration de poudre et la méthodologie associée

Méthodologie proposée :

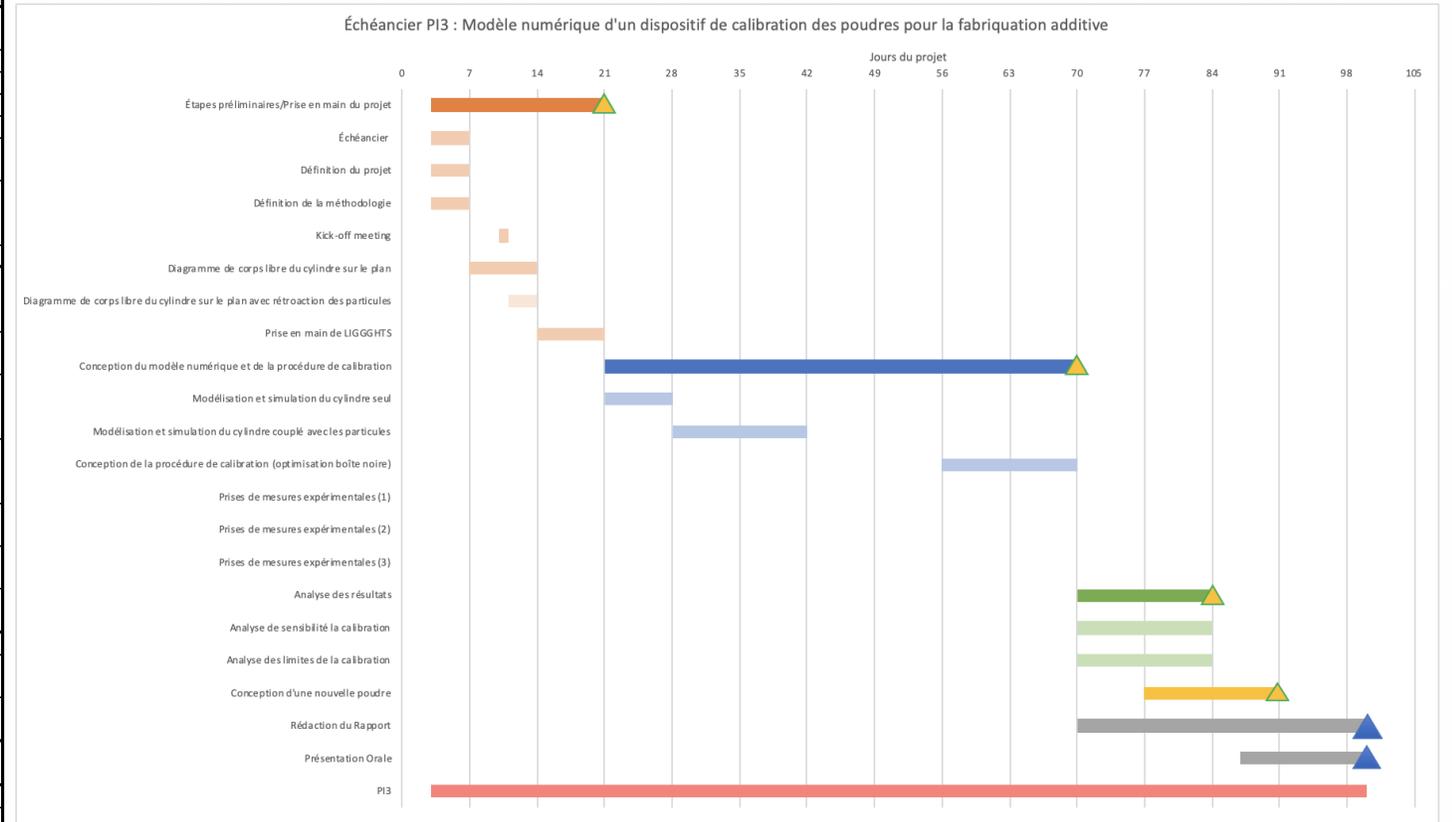
- La réalisation du projet se décline en deux parties. D'abord, une étape expérimentale est nécessaire pour effectuer la prise de mesures de l'écoulement à modéliser. Ainsi, un montage expérimental déjà développé, une caméra vidéo et un chronomètre sont requis pour rassembler l'ensemble des mesures nécessaires à la calibration du modèle numérique. L'expérimentation à réaliser est constituée d'un cylindre creux, rempli à une certaine fraction de poudre métallique, et d'un plan incliné standardisé. Le temps nécessaire au cylindre pour rouler jusqu'au bas du plan incliné en fonction de la fraction de remplissage permet de caractériser en partie le comportement en écoulement de la poudre utilisée. Ce montage est déjà disponible au Conseil National de Recherche du Canada (CNRC) à Boucherville. Cette partie est nécessaire pour la conception du modèle numérique et le temps de réalisation n'excède pas plus de trois séances expérimentales.
- La seconde partie est la conception du modèle numérique simulant le montage expérimental. L'accès à un ordinateur ainsi qu'au code source libre LIGGGHTS sont donc requis, puisque le modèle numérique développé constituera un module de ce logiciel. La partie numérique du projet nécessite, pour répondre au cahier des charges, la modélisation du cylindre seul, celle de la poudre dans le cylindre ainsi que la calibration, avec la partie expérimentale, du modèle numérique. Cet outil ainsi développé et un algorithme d'optimisation de type boîte noire permettront la conception d'une méthodologie de calibration automatique. Il est ensuite requis d'évaluer la robustesse de cette approche ainsi que les limites et la sensibilité du modèle calibré face au montage expérimental. Finalement, la conception, à partir du modèle numérique complet, d'une poudre qui a de meilleures performances en écoulement est demandée.

Livrables attendus :

- Le modèle numérique calibré complet est le principal résultat attendu. Les simulations effectuées sont également demandées ainsi que la méthodologie de calibration développée. Le format du rapport final sera sous la forme d'une présentation technique constituée de diapositives à la demande du client.

Fiche-exemple #9 : Échéancier

Tâches	Responsable	Début	Fin	Début (Jours)	Durée (Jours)	% Achevé	Statut
		19-05-06	19-08-14		100		
Étapes préliminaires/Prise en main du projet	Hélène	5-9	5-27	3	18	43%	Terminé
Échéancier	Hélène	5-9	5-13	3	4	100%	Terminé
Définition du projet	Hélène	5-9	5-13	3	4	100%	Terminé
Définition de la méthodologie	Hélène	5-9	5-13	3	4	100%	Terminé
Kick-off meeting	Hélène	5-16	5-17	10	1	0%	En cours
Diagramme de corps libre du cylindre sur le plan	Hélène	5-13	5-20	7	7	0%	En cours
Diagramme de corps libre du cylindre sur le plan avec rétroaction des particules	Hélène	5-17	5-20	11	3	0%	En cours
Prise en main de LIGGGHTS	Hélène	5-20	5-27	14	7	0%	En cours
Conception du modèle numérique et de la procédure de calibration							
Modélisation et simulation du cylindre seul	Hélène	5-27	6-3	21	7	0%	En cours
Modélisation et simulation du cylindre couplé avec les particules	Hélène	6-3	6-17	28	14	0%	En cours
Conception de la procédure de calibration (optimisation boîte noire)	Hélène	7-1	7-15	56	14	0%	En cours
Prises de mesures expérimentales (1)	Hélène	À déterminer	À déterminer	À déterminer	0	0%	En cours
Prises de mesures expérimentales (2)	Hélène	À déterminer	À déterminer	À déterminer	0	0%	En cours
Prises de mesures expérimentales (3)	Hélène	À déterminer	À déterminer	À déterminer	0	0%	En cours
Analyse des résultats							
Analyse de sensibilité la calibration	Hélène	7-15	7-29	70	14	0%	En cours
Analyse des limites de la calibration	Hélène	7-15	7-29	70	14	0%	En cours
Conception d'une nouvelle poudre							
Rédaction du Rapport	Hélène	7-15	8-14	70	30	0%	En cours
Présentation Orale	Hélène	8-1	8-14	87	13	0%	En cours
PI3	Hélène	5-9	8-14	3	97	15%	En cours



Légende :  Remise
 Jalon

Fiche-exemple #10 : Conception d'algorithmes d'automatisation et optimisation d'un modèle biomécanique du pelvis

Contexte

- Un modèle biomécanique par éléments finis du pelvis a été développé dans le but d'étudier diverses problématiques comme les implants de fusion de la jonction sacro-iliaque. Le modèle actuel comprend le sacrum, les os iliaques, la symphyse pubienne, le cartilage articulaire et les ligaments. Sa géométrie provient d'un homme sain de 32 ans, 75 kg et 1.75 m.
- Pour pouvoir étudier de manière plus complète les implants de fusion, il faut pouvoir tester différentes géométries de pelvis. Pour y arriver, un algorithme de personnalisation géométrique par krigeage a été développé. L'algorithme utilise le modèle de référence puis le déforme pour obtenir une géométrie personnalisée grâce à la sélection de différents marqueurs anatomiques. Cependant, le type de fichier requis par l'algorithme ne correspond pas aux fichiers disponibles pour l'étude du pelvis. A ce jour, il faut transcrire à la main les coordonnées (x, y, z) dans un fichier de type « .o3 » à partir d'un fichier de type « .csv » obtenu à partir de CT-scans de pelvis. Cette transcription est susceptible d'introduire des erreurs.
- De plus, différentes combinaisons de marqueurs peuvent être utilisées pour le krigeage. Actuellement, un nombre de 33 marqueurs est utilisé. Dans l'optique de réduire le temps requis pour cette étape, il faut tester différentes combinaisons en variant le positionnement et le nombre de marqueurs en analysant le modèle résultant. Ce processus d'optimisation vise à obtenir le modèle le plus ressemblant au CT-scan tout en limitant la durée de la personnalisation. Le processus d'optimisation sera également facilité par l'automatisation de la transcription des coordonnées.

Fonction principale :

- Concevoir des algorithmes permettant 1) d'automatiser la transcription des coordonnées 3D des marqueurs et 2) d'optimiser le nombre et le positionnement des marqueurs pour l'étape de krigeage d'un modèle biomécanique du bassin.

Fiche-exemple #10 :

Méthodologie proposée :

- Une fois la recherche préliminaire et l'établissement des besoins complétés, la méthodologie proposée sera la suivante :
 1. Automatisation de l'algorithme de personnalisation
 - 1.1 Apprendre les bases du logiciel Matlab en révisant des projets passés et en étudiant les codes existants de ce projet.
 - 1.2 Développer un code permettant de sélectionner les données dans le fichier « .csv » et de les transformer en fichier « .o3 »
 2. Optimisation de la combinaison (nombre et placement) des marqueurs
 - 2.1 Définir un modèle de référence et des mesures objectives d'évaluation de l'erreur à fins comparatives.
 - 2.2 Lancer l'algorithme de krigeage pour différents CT-scans (au minimum deux cas extrêmes) et de façon structurée, investiguer manuellement différentes combinaisons jusqu'à l'obtention d'une solution acceptable. Plusieurs solutions candidates seront générées, puis évaluées selon les critères déterminés en 2.1 pour en retenir une seule.
 - 2.3 Tester la combinaison de marqueurs retenue avec d'autres CT-scans afin d'en vérifier la validité pour différentes géométries de pelvis.

Livrables attendus :

- Code Matlab pour l'automatisation de l'algorithme de personnalisation.
- Document décrivant brièvement les différentes combinaisons de marqueurs testées, captures d'écran comparant le modèle et le CT-scan, description des observations et recommandation de la combinaison optimale

Fiche-exemple #10 : Échéancier

ÉTAPES	Temps (h)	SEMAINES														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		26 Août	2 Sept	9 Sept	16 Sept	23 Sept	30 Sept	7 Oct	14 Oct	21 Oct	28 Oct	4 Nov	11 Nov	18 Nov	25 Nov	2 Déc
Enregistrement du projet	5	6 Sept														
Recherche et besoins	5															
1.1 Bases Matlab	5															
1.2 Développement Matlab	25															
2.1 Définition de mesures objectives	5															
2.2 Recherche d'une solution acceptable	45															
2.3 Vérification et ajustements	25															
Rédaction du rapport	10														3 Déc	
Préparation de l'exposé	6															
Présentation du projet	4														3 Déc	
TOTAL	135															