

PLAN DE MANAGEMENT DU PROJET N° 51

Titre du projet :

Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

Client partenaire extérieur
M. Grégory CHAMBON

Encadrants techniques
M. Ioannis KANELLOS
M. Kevin HEGGARTY

Encadrants de groupe de pilotage
M. Daniel STOENESCU
M. André THEPAUT

Équipe projet
M. Alban GOUGOUA
M. Hichem BINOUS
M. Idris HAMOUD
M. Oussama SEGHAIER
M. Juan Pablo IRUIT

Auteurs	Relecteurs	Destinataires	Version	Date
Équipe projet	❖ GOUGOUA Alban ❖ HAMOUD Idris	❖ Client partenaire extérieur ❖ Encadrants techniques ❖ Encadrants de groupe de pilotage	2.0	23/03/2018

Signature du partenaire extérieur
Lu et approuvé le :

Signature des encadrants techniques
Lu et approuvé le :

Lu et approuvé le :

SOMMAIRE

1.	Présentation globale du projet	4
1.1.	Contexte du projet et enjeux généraux pour le client	4
1.2.	Objectifs techniques du projet pour le client	5
1.3.	Contraintes et défis spécifiques du projet	6
1.4.	Livrables	7
1.5.	Solde du projet	8
2.	Besoins client et découpage du projet	8
2.1.	Définition des besoins	8
2.2.	Organisation des tâches	9
2.3.	Répartition des responsabilités	10
3.	Organisation de l'équipe pour gérer le projet	11
3.1.	Maîtrise des relations avec le client	11
3.2.	Maîtrise des relations avec les encadrants techniques	11
3.3.	Maîtrise des relations avec les encadrants de groupe de pilotage	11
3.4.	Maîtrise des risques	12
3.5.	Maîtrise des délais	12
3.6.	Maîtrise des coûts	12
3.7.	Maîtrise de la documentation	13
3.8.	Maîtrise de la qualité	14
3.9.	Rapport d'avancement	14
4.	Conclusion	14
5.	Définitions et acronymes utilisés pour le projet	16
6.	Annexes	17

LISTE DES ANNEXES

N° Annexe	Titre de l'annexe	Page
Annexe 1	Organigramme des tâches (WBS) détaillé et codifié	17
Annexe 2	Planning initial sous forme de diagramme de Gantt avec jalons	18
Annexe 3	Fiche de lot n° 4.5	20
Annexe 4	Liste des livrables	20
Annexe 5	Tableau des risques initiaux	21
Annexe 6	Exemple de rapport d'avancement (RA) : RA 2	22
Annexe 7	Cahier des charges fonctionnel	25

LISTE DES FIGURES

<i>N° Figure</i>	<i>Titre de la figure</i>	<i>Page</i>
Figure 1	Le vase à la cachette (3^e millénaire av J.-C.)	4
Figure 2	Méthode graphique actuelle utilisée pour représenter les vases	5
Figure 3	Exemple de dispositif à utiliser	5
Figure 4	Exemple de modélisation 3D d'un vase	6
Figure 5	Corpus de vases à étudier	8
Figure 6	Aperçu du WBS	9
Figure 7	Organigramme de répartition des tâches (WBS) et des responsabilités	17
Figure 8	Diagramme de Gantt	18
Figure 9	Fiche de lot n° 4.5	20

LISTE DES TABLEAUX

<i>N° Tableau</i>	<i>Titre du tableau</i>	<i>Page</i>
Tableau 1	Liste des livrables principaux	7
Tableau 2	Rôle principal de chaque membre de l'équipe projet	10
Tableau 3	Définition et acronymes utilisés	16
Tableau 4	Liste des livrables intermédiaires	20
Tableau 5	Tableau des risques initiaux	21

1. Présentation globale du projet

1.1. Contexte du projet et enjeux généraux pour le client

1.1.1. *Contexte*

Notre client, Mr. Grégory CHAMBON, directeur d'études à l'EHESS, effectue des recherches concernant les pratiques de mesures du III^e au I^{er} millénaire avant J.-C. au Proche Orient.



Figure 1 : Le vase à la cachette (3e millénaire av J.-C.)

Ces recherches nécessitent donc des mesures précises que ce soit pour peser des métaux, mesurer la surface d'un champ ou bien mesurer le volume d'un vase (exemple des types de vases étudiés *Figure 1*) endommagé. Les drones auxquels on intègre des caméras temps de vol permettent aujourd'hui d'obtenir une cartographie 3D d'une zone de fouilles, et sont de plus en plus utilisés par les archéologues de terrain. On voit à travers cet exemple que les progrès récents de la technologie ont permis de faciliter considérablement le travail des archéologues. Cependant il n'existe toujours pas aujourd'hui d'appareil permettant de mesurer de l'intérieur et avec précision le volume d'un vase pour les archéologues de terrain.

1.1.2. *Enjeux et objectifs du projet*

Notre projet aura pour objectif de procurer à notre client *le prototype d'un appareil pouvant mesurer avec une bonne précision le volume d'un vase antique*. Ce prototype pourra être utilisé par des collègues de notre client s'il répond aux exigences définies.

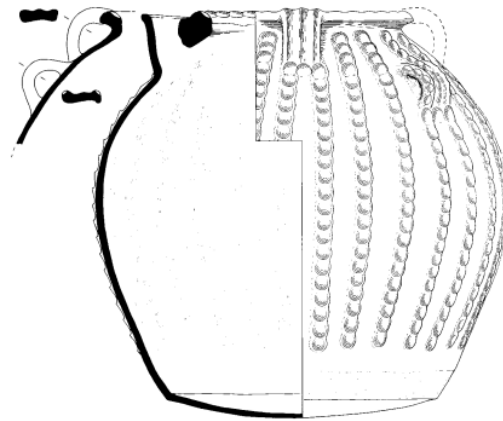


Figure 2 : Méthode graphique actuellement utilisée pour représenter les vases

Pour l'instant les mesures sont basées sur des représentations graphiques chronophages (*Figure 2*) et n'offrent que des résultats approximatifs.

1.2. Objectifs techniques du projet pour le client

Le projet a pour but de *réaliser un dispositif mesurant avec précision la capacité d'un vase antique*. Un utilisateur, désirant connaître la capacité d'un vase, utilise l'appareil (*Figure 3*) et obtient le volume du récipient avec une représentation numérique 3D (*Figure 4*) de l'intérieur de celui-ci.

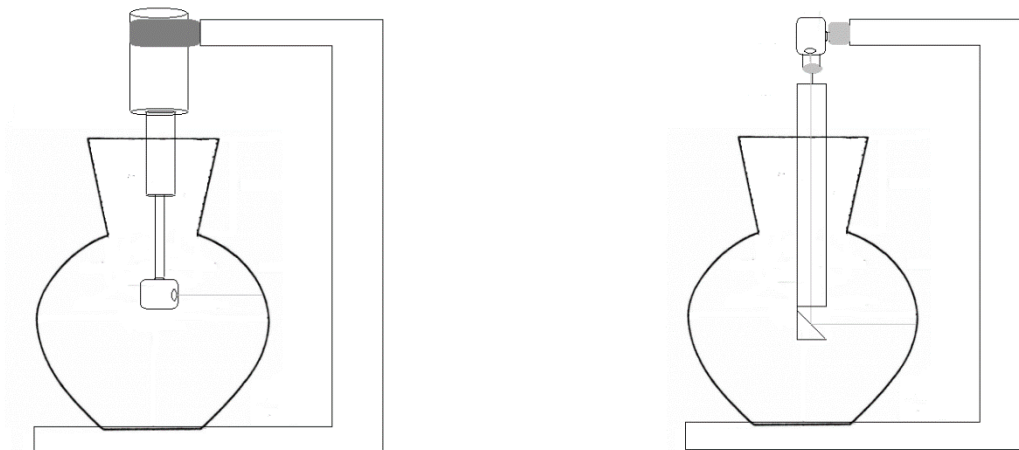


Figure 3 : Exemples de dispositif à utiliser



Figure 4 : Exemple de modélisation 3D d'un vase

Le prototype que nous proposerons devra prendre en compte le fait que les fouilles réalisées par notre client ont lieu au Proche Orient, ainsi il devra être *portatif* et il devra prendre en compte le fait que l'artefact est fragile ainsi *les mesures doivent être sans contact*. Les autres exigences plus fonctionnelles seront définies dans la partie 1.3.

L'enjeu principal de notre appareil est avant tout de parvenir à une précision plus intéressante (quantifiée dans la partie 2.1) en un temps raisonnable.

1.3. Contraintes et défis spécifiques du projet

La présente section du plan de gestion du projet contient un aperçu des défis et des contraintes visés par le projet.

D'une part, on a les contraintes du projet qui sont :

- **Le calendrier** : Le temps nécessaire à la réalisation du projet est limité et vient en parallèle avec les autres activités de l'école (cours, TD, TP et projets des autres matières), le risque de chevauchement des tâches est à considérer d'où la nécessité du diagramme de Gantt ;
- **Le budget** : Un budget de 500 euros est mis à disposition par l'école, cette somme pourrait couvrir les dépenses prévues (achats des composants pour le dispositif). Toutefois, ce budget pourrait ne pas être atteint ou être dépassé en fonction de notre avancée et des besoins imprévus du projet ;
- **Les ressources** : Étant donné le sujet du projet, il serait intéressant d'avoir accès à des vases antiques pour les tests finaux ;
- **La qualité** : C'est la contrainte majeure du projet, la précision du produit est en effet un caractère principal qui le démarquera des autres méthodes utilisées ainsi que le temps de calcul (des heures pour la représentation et le calcul du volume d'un seul vase). Nous

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

recherchons à atteindre une précision d'au plus 5% sachant que les autres méthodes offrent que 7 à 10% de précision ;

- **La technologie** : La technologie utilisée est encore en cours d'expansion, l'échelle de précision est de l'ordre du centimètre, ce qui rend la documentation plus difficile.

Ces contraintes seront les majeurs obstacles qu'on aura à dépasser pour réaliser le projet et plus spécifiquement les défis posés. D'autre part, les défis posés sont :

- Mesure de la distance entre l'appareil de mesure (capteur) et un seul point du vase ;
- Montage du dispositif pour être facilement transportable ;
- Pilotage de l'appareil pour mesurer plusieurs distances ;
- Acquisition des données et envoi de celles-ci à un ordinateur ;
- Traitement des données pour :
 - interpoler les parties manquantes du vase ;
 - dessiner une représentation 3D de l'intérieur du vase ;
 - calculer le volume du vase.

1.4. Livrables

Pendant toute la durée de notre projet, nous fournirons plusieurs livrables intermédiaires (*annexe 4*) au client et aux encadrants techniques dont le rapport final et le prototype final qui permettent de clôturer le projet. Vous trouverez ci-dessous la liste des livrables principaux avec la date et le responsable :

Nom du livrable	Date	Responsable
Rapport de recherche bibliographique	24/03/2018	BINOUS Hichem
Rapport final du projet	07/06/2018	HAMOUD Idris
Prototype final	20/06/2018 au 28/06/2018	GOUGOUA Alban

Tableau 1 : Liste des livrables principaux

Pour valider le prototype final par les encadrants techniques, il doit respecter les critères de réussite ci-dessous :

- Le prototype construit doit pouvoir **mesurer le volume d'un vase respectant les caractéristiques du client avec une précision contrôlable par un utilisateur à partir d'un logiciel** ;
- Le prototype construit doit **être transportable facilement** ;
- Le logiciel informatique associé au dispositif doit **pouvoir afficher le volume du vase mesuré avec la précision choisie par l'utilisateur, contrôler l'appareil de mesure et afficher une représentation 3D de l'intérieur du vase en prenant en compte la possibilité d'existences de pièces manquantes dans ce dernier.**

1.5. Solde du projet

La clôture du projet se fera par une soutenance le 27 ou le 28 juin (date à préciser par l'école) 2018 en présence du client et des encadrants techniques. À la suite de cette soutenance, un forum organisé les 27 et 28 juin se déroulera dans le centre vie de l'IMT Atlantique. Ce forum consistera à la présentation de notre projet ainsi que de ceux des autres groupes projets, une démonstration sera faite ainsi qu'une remise de prix aux meilleurs projets.

Lors du forum, nous ferons une démonstration du dispositif de mesure. Nous utiliserons de réels vases antiques que pourrait nous apporter notre client, nous introduirons le dispositif à l'intérieur du vase pour faire les mesures. À l'aide du logiciel présent sur un ordinateur, nous entrerons la précision que nous souhaiterons de l'ordre de 10^{-1} mm^3 . Après la mesure, nous représenterons la modélisation 3D du vase et afficherons son volume grâce au logiciel.

Le client repartira à la fin du forum avec le dispositif de mesure ainsi que le logiciel conçu en les accompagnant du manuel d'utilisation.

Notre équipe projet espère prendre part à la phase de déploiement et d'amélioration du dispositif, et continuer à travailler avec le client.

2. Besoins client et découpage du projet

2.1. Définition des besoins

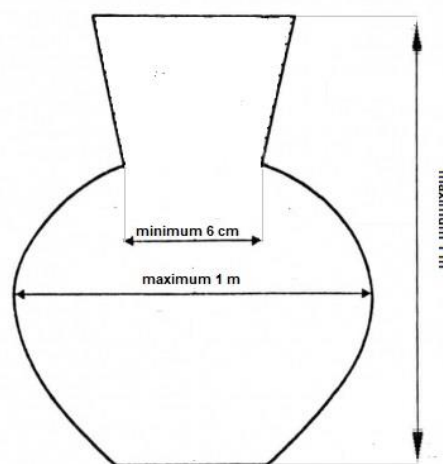


Figure 5 : Corpus de vases à étudier

Le prototype doit pouvoir mesurer le volume d'un vase antique. Répondre à ce besoin nécessite d'abord de définir le corpus de vases que l'appareil sera capable de mesurer avec

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

précision. Nous considérerons des vases dont **l'ouverture ne sera pas inférieure à 6 cm et dont la largeur ne dépasse pas 1 m** (Figure 5). Pour formuler le besoin du client, on utilise des fonctions détaillant les services rendus par le produit et les contraintes auxquelles il est soumis.

La fonction principale de notre appareil est **d'obtenir la capacité d'un vase antique et un modèle 3D du vase**. Cette fonction principale nécessite la mise en place de nombreuses fonctions secondaires que nous allons lister ci-dessous :

- Permettre à l'appareil de mesure de tourner et de descendre/monter ;
- Mesurer avec précision la distance séparant l'appareil du bord du vase visé ;
- Envoyer chacune des mesures réalisées au logiciel ;
- Modéliser en 3D l'intérieur du vase à partir des mesures ;
- Extraire l'information concernant le volume ;
- Afficher le modèle 3D du volume.

Ces fonctions secondaires seront plus détaillées dans le cahier des charges que vous pourrez trouver en *annexe 7*.

Nous devons respecter des contraintes d'intégrité concernant le vase, des contraintes de précision concernant les mesures et des contraintes concernant le temps d'acquisition des résultats. D'après notre client, les méthodes graphiques actuelles peuvent prendre des heures et n'offre une précision que de 10% environ. Notre appareil lui se devra d'avoir **une précision de moins de 5%**.

2.2. Organisation des tâches

L'organisation générale de notre projet s'est faite avec l'aide de l'organigramme des tâches ou *Work Breakdown Structure* en anglais (WBS) :

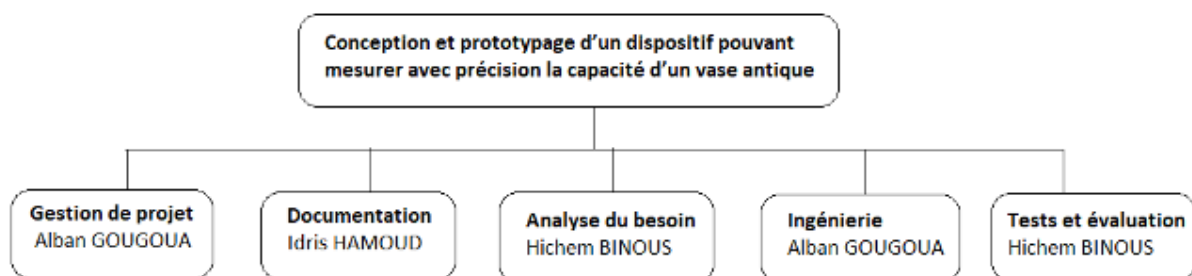


Figure 6 : Aperçu du WBS

Pour un diagramme plus complet et détaillé, voir l'*annexe 1*.

Cette organisation comprend 5 lots principaux, de la gestion de projet au développement technique :

- Le premier lot de tâches correspond à la **gestion de projet** qui a pour tâches *la rédaction du plan de management, des différents rapports et soutenance, la gestion de risques et*

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

du forum. Nous aurons des livrables internes : des rapports d'avancement chaque semaine et des comptes-rendus de réunion avec les encadrants de groupe de pilotage ;

- Le deuxième lot correspond à la **documentation** : *recherche documentaire sur les techniques de mesurage et sur les outils informatiques de programmation*. À la fin de ce lot, un livrable d'étude bibliographique est à fournir au client ;
- Le troisième lot correspond à **l'analyse de besoin** qui comprend *la réunion avec le partenaire extérieur et les encadrants techniques, la définition du corpus des vases, la rédaction du Cahier de Charges Fonctionnel (CdCF) et le choix technologique des outils à utiliser*. Quant à ce lot, nous aurons comme livrable externe le choix de la solution ;
- Le quatrième lot est **l'ingénierie** de *la mécanique du dispositif à l'acquisition et le traitement des données par le logiciel*. Les livrables seront externes : la conception du dispositif et la spécification technique de l'outil de mesure choisi.
- Le dernier lot correspond aux **tests et évaluation** où les tests de l'appareil seront effectués, les encadrants techniques le vérifient et le client le valide.

2.3. Répartition des responsabilités

La répartition des tâches a été faite en se basant sur les affinités et les compétences techniques, humaines et conceptuelles de chacun des membres du groupe.

Le WBS en *annexe 1* montre la répartition des tâches détaillée, et le tableau ci-dessous définit les différents rôles principaux.

Prénoms et nom	Rôle
Alban GOUGOUA	Responsable de la gestion du projet
Hichem BINOUS	Responsable de la communication
Idris HAMOUD	Responsable de la documentation
Oussama SEGHAIER	Responsable du suivi horaire hebdomadaire, de la qualité et du budget
Juan Pablo IRUIT	Responsable du Forum

Tableau 2 : Rôle principal de chaque membre de l'équipe projet

En ce qui concerne les tâches du WBS, nos choix pour les responsables des lots se sont faits intuitivement et en harmonie avec les rôles déjà définis (exemple : *le chef projet est responsable du lot gestion de projet, ...*).

Ensuite, pour les responsables des tâches secondaires, nous avons équilibré la répartition des responsables pour s'assurer que chacun ait connaissance des différentes parties du projet.

Finalement, les choix des acteurs (et non pas les responsables) de chaque tâche se basera sur les compétences techniques de chacun (exemple : *"la tâche 2.2" a été assignée aux étudiants ayant fait l'UV cœur Info*).

3. Organisation de l'équipe pour gérer le projet

3.1. Maîtrise des relations avec le client

L'objectif final de notre projet, comme tout autre travail d'ingénierie, est de satisfaire notre client par le produit réalisé. Ainsi, la communication avec ce dernier est primordiale pour s'assurer de sa satisfaction par les différentes parties du projet au fur et à mesure de son évolution. C'est pour cela que nous avons fixés plusieurs modalités d'échange avec notre client qui sont :

- La communication avec le client doit se faire par mail et le responsable de la communication s'en charge ;
- Les documents numériques à partager avec le client doivent être en format pdf (Portable Document Format) ;
- Le client doit avoir accès à l'espace collaboratif BSCW de l'école pour voir ainsi tous les documents du projet ;
- Tous les documents à destination du client (PdM, RF, ...) doivent lui être envoyé par mail par le responsable de la communication.

3.2. Maîtrise des relations avec les encadrants techniques

Les encadrants techniques (ET), comme dans une entreprise, sont les experts qui nous aident à mener à bien le projet par leurs conseils et avis techniques. Nous espérons rencontrer les ET chaque deux semaines, toutefois un planning de réunion n'a pas été fait avec ceux-ci. Nous les avertirons une semaine à l'avance pour d'éventuelles rencontres et nous restons disponible pour toute réunion sollicitée par ces derniers.

Pour le partage d'informations, nous utilisons une plateforme collaborative appelée BSCW disponible sur l'intranet de l'IMT Atlantique à laquelle les ET ont accès. De plus, nous leur communiquons les informations par e-mail pour qu'ils ne ratent aucune avancée du projet.

3.3. Maîtrise des relations avec les encadrants de groupe de pilotage

Les encadrants de groupe de pilotage (GP), comme dans une entreprise, sont les supérieurs directs hiérarchiques qui sont tenus de veiller au bon fonctionnement du projet. Les encadrants GP nous aident à suivre le projet par leurs conseils dans la gestion du projet, nous interpellent sur les différents risques que n'auraient omis de mentionner ou qu'on n'a pas vu, favorisent le respect de chaque responsabilité dans l'équipe de projet.

Nous les rencontrons lors de réunions de groupe de pilotage mensuelles appelées « réunions GP » pour faire une synthèse de nos rapports d'avancement. Pendant ces réunions,

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

c'est l'occasion de nous rappeler les différentes échéances du projet afin de respecter les délais fixés dans le diagramme de Gantt.

Pour le partage des informations, nous communiquons par mail avec ceux-ci et la plateforme BSCW nous permet d'échanger les documents internes demandés.

3.4. Maîtrise des risques

Pour chaque risque rencontré nous commençons par estimer sa probabilité d'occurrence et sa gravité. Nous avons distingué dans notre tableau des risques deux types de risque :

- Les premiers associés aux problèmes de gestion de projet comme le non-respect du planning de Gantt ou le dépassement du budget alloué.
- Les seconds plus techniques qui peuvent survenir suite à une impossibilité de trouver un capteur adéquat par exemple.

L'un des risques majeurs du projet vient justement de la difficulté rencontrée pour trouver un appareil de mesure suffisamment précis. Les capteurs de distance à courte portée utilisant la technologie LiDar sont assez récents et n'offrent pas pour l'instant une précision suffisante pour faire de notre appareil un appareil novateur. Les problèmes concernant le dispositif mécanique risquent eux aussi de ralentir l'avancée du projet.

Les problèmes liés à ce risque ont également conduit à allonger la durée de travail estimée pour la recherche bibliographique.

3.5. Maîtrise des délais

Afin de d'être dans les temps et maîtriser les délais de notre projet, nous utilisons le diagramme de Gantt. C'est un outil graphique dont l'objectif est d'exposer le temps de dévouement prévu pour différentes tâches ou activités du projet sur une durée totale donnée. Dans celui-ci (*annexe 2*), vous pouvez voir les dates prévues pour la conclusion de chaque étape du projet. Ce diagramme sera mis à jour chaque semaine avec chaque rapport d'avancement pour pouvoir visualiser les différentes déviations des prévisions causées par des retards ou des avances.

3.6. Maîtrise des coûts

Pour la maîtrise des coûts, un responsable du budget a été mis en charge pour organiser les dépenses prévues et communiquer avec l'école. D'après nos prévisions, le budget suffirait aux différents achats prévus que sont :

- L'outil de mesure : un ou plusieurs capteurs pour tests et assemblages ;
- Des vases (pots de fleurs, etc.) pour les tests ;
- Des moteurs, un vérin.

3.7. Maîtrise de la documentation

La documentation constitue une partie très importante de notre projet. En effet, au cours de ce dernier nous avons à fournir plusieurs types de document (PdM, RA, RF, ...). Ainsi, maîtriser la documentation est primordial pour la réussite du projet. C'est pour cela que nous avons mis des règles à suivre pour réussir à produire des documents de qualité et de s'assurer qu'ils ont été bien reçus par les destinataires.

Règles pour la production des documents :

- Les membres du groupe doivent se réunir avant la rédaction de chaque document. Lors de cette première réunion ils doivent :
 - Faire le plan du document ;
 - Discuter le contenu de chaque partie du document ;
 - Assigner un rédacteur et un relecteur pour chaque partie du document.
- Chaque membre du groupe doit rédiger et réviser la (les) partie(s) qui lui est (sont) assignée(s).
- Les membres du groupe doivent se réunir pour une deuxième fois pour corriger et valider le document dans sa totalité.

Règles pour les évolutions (versions) :

- Dès que le retour des encadrants sur l'ancienne version du document est disponible, les membres du groupe doivent se réunir. Lors de cette réunion, ils doivent :
 - Discuter les remarques des encadrants ;
 - Établir les points à améliorer dans le document ;
 - Désigner quelqu'un pour améliorer chaque point.
- Chaque membre du groupe doit améliorer le(s) point(s) qui lui est(sont) assigné(s).
- Une deuxième réunion doit se faire pour valider la version finale du document par tous les membres du groupe.

Règles pour la diffusion et le stockage :

- Tous les documents du projet doivent être déposés dans l'espace BSCW, le responsable de la documentation se charge de cette mission.
- Tous les documents doivent être aussi envoyés par mail à leurs destinataires, le responsable de la documentation se charge de cette mission.

Cas particulier : Rapport d'avancement

Chaque semaine un membre du groupe est assigné par le responsable de la gestion du projet pour rédiger le RA de cette semaine et un autre pour le relire.

3.8. Maîtrise de la qualité

Dans un souci de qualité, nous emploierons une démarche de gestion de projet agile pour chacune des phases de notre projet.

En effet, la phase de documentation s'est faite tout en répartissant les différentes tâches par le responsable de la documentation ; et pour chaque grande partie de recherches, un responsable est assigné pour la supervision. Ainsi, donc le travail est tout le temps suivi et toute l'équipe, à la suite d'une synthèse après chaque séance de travail, a eu une vue globale de chaque aspect documentaire du projet.

Pour les phases ingénierie et tests/évaluation, elles se feront par étape et de façon parallèle : pour une tâche réalisée, celle-ci subira des tests et sera validée par les encadrants techniques et le client. Le client étant impliqué, le travail fait sera donc à sa bonne appréciation et de qualité meilleure sous le regard de nos encadrants techniques.

3.9. Rapport d'avancement

Vous trouverez en *annexe 6* un exemple de rapport d'avancement.

Nos rapports d'avancement (RA) contiennent un récapitulatif détaillé du travail réalisé pendant la semaine, et une prévision concernant le travail à réaliser la semaine suivante. Nous y joignons également un tableau de suivi des risques et un diagramme de Gantt suivi.

Nos rapports d'avancement sont rédigés par un membre du groupe de façon tournante (chaque membre de l'équipe rédigera au moins deux RA) chaque semaine. Nous nous réunissons chaque week-end et nous le relisons ensemble pour améliorer les différents points du RA. Le relecteur-correcteur du RA se charge de le déposer sur BSCW et l'envoyer par e-mail à la m-liste. Les destinataires du RA sont les encadrants GP, les ET et le client.

Durant la 3^e réunion GP, les encadrants du groupe de pilotage nous ont conseillé d'ajouter une rubrique expliquant les difficultés auxquelles nous avons pu être confrontés durant la semaine. Cette rubrique ne figure toujours pas dans le rapport d'avancement en exemple mais elle y figurera dorénavant.

4. Conclusion

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

Au final, nous croyons que notre projet facilitera le travail des archéologues de terrain. Cela les aidera à faire leur travail d'une manière meilleure, plus rapide, plus précise et plus sûre pour les différents artefacts anciens. Il facilitera également la reconstruction numérique dans l'ensemble des différents vases qui jusqu'ici n'était pas possible de le faire, en raison des processus actuels de mesure.

Ce plan de gestion est essentiel pour le succès du projet et aide à la visualisation de la structure de la répartition du travail. Dans celui-ci, vous pouvez observer les tâches individuelles nécessaires à l'achèvement du projet d'une manière efficace. Il aide également à visualiser les temps de projet, et vous pouvez planifier et optimiser les activités.

Notre équipe de projet a les compétences et est motivé à la réalisation de ce projet qui apportera un grand plus dans le domaine de l'archéologie. La fin de ce projet sera le début d'un progrès scientifique hors du commun car nous pourrions quantifier de façon précise le volume des vases de l'antiquité et comprendre le système d'échanges entre différents peuples.

5. Définitions et acronymes utilisés pour le projet

Terme	Définition
Cartographie 3D	Technique de l'établissement du dessin et de l'édition des cartes et plans en trois dimensions
Caméra temps de vol (Time of Flight)	Une caméra fonctionnant sur le principe du temps de vol permet de mesurer en temps réel une scène en trois dimensions (3D) en illuminant l'objet pour ensuite calculer le temps du trajet aller-retour de la lumière réfléchi sur l'objet.
EHESS	École des Hautes Études en Sciences Sociales
IMT Atlantique	Institut Mines-Télécom Atlantique
ET	Encadrants techniques
GP	Groupe de pilotage
PdM	Plan de Management
RA	Rapport d'avancement
RF	Rapport final

Tableau 3 : Définitions et acronymes utilisés

6. Annexes

6.1. Annexe 1

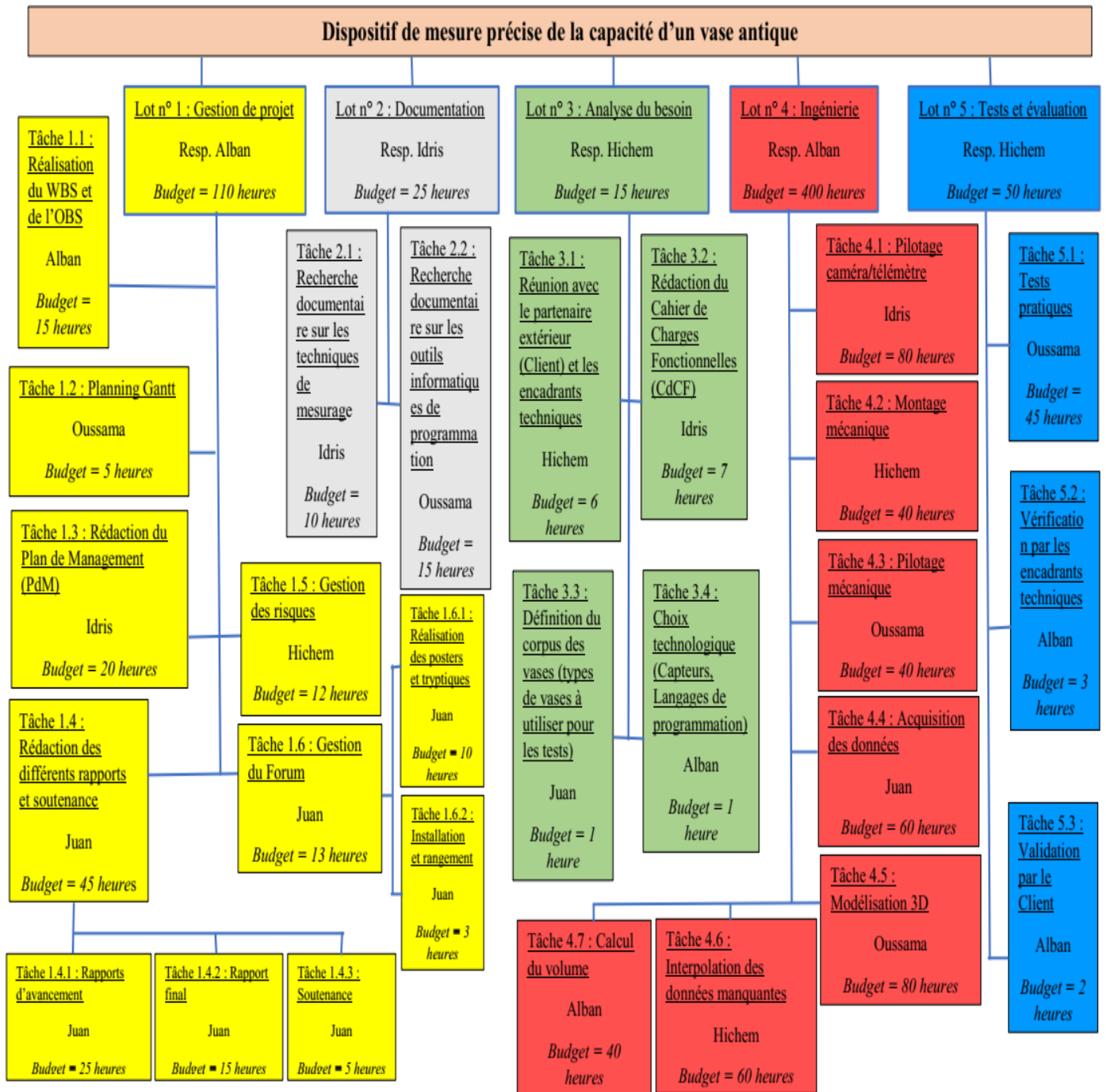
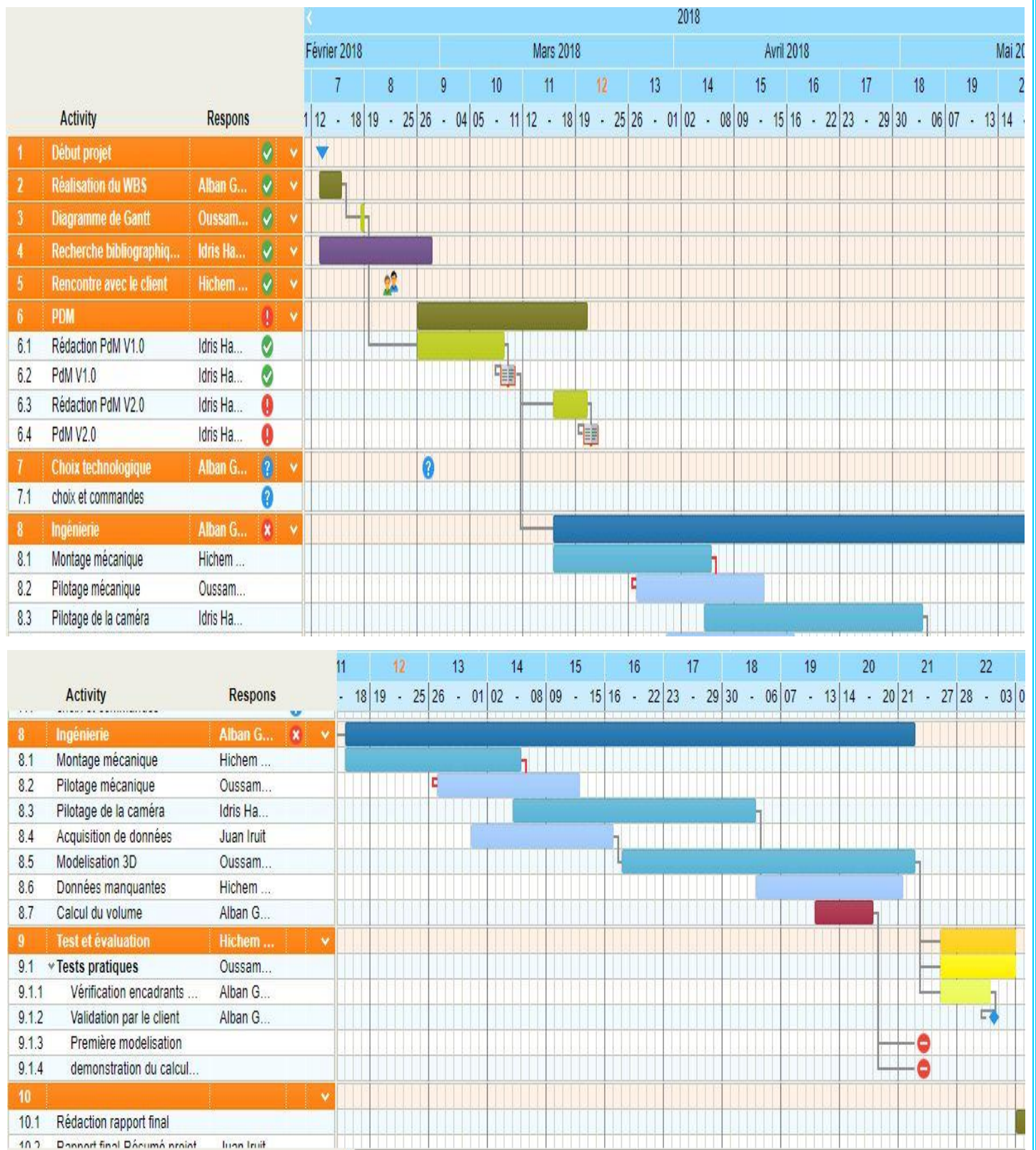


Figure 7 : Organigramme de répartition des tâches (WBS) et des responsabilités

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

6.2. Annexe 2



Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

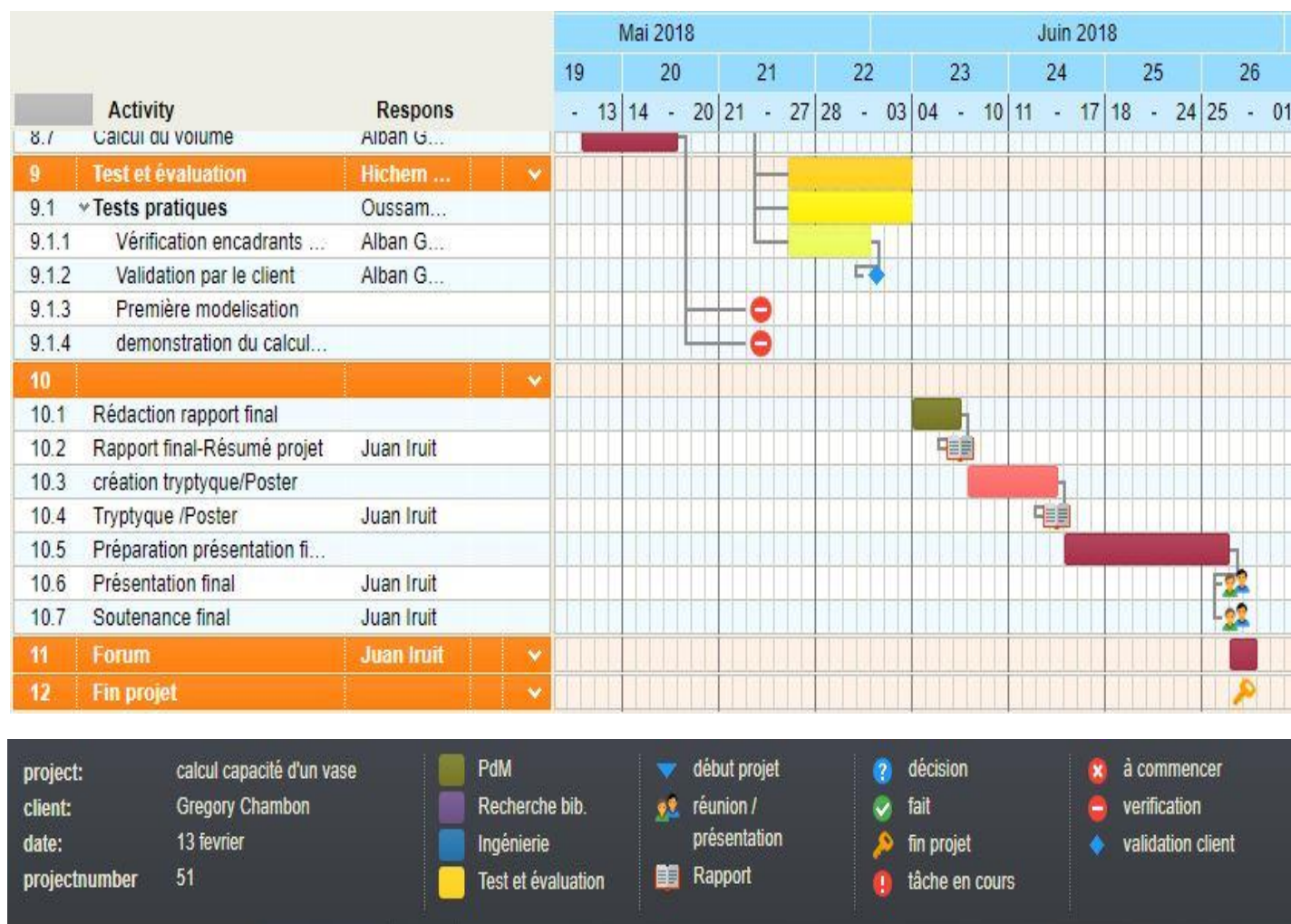


Figure 8 : Diagramme de Gantt

6.3. Annexe 3

Mise à jour : 08/03/18

LIBELLE DE LA TACHE

Modélisation 3D

responsable du lot : S.
Oussama

Code tâche WBS : 4.5

DESCRIPTIF DE LA TACHE

- 1)Acquisition des données mesurées par le dispositif.
- 2)Choix d'une structure de donnée adéquate pour la représentation 3D de l'intérieur du vase.
- 3)Conversion des données reçues vers la bonne structure de données choisie.
- 4)Développement du module qui transforme en représentation 3D les données de même forme que la structure de données choisie.
- 5)Faire les tests nécessaires pour le module développé.
- 6)Intégrer le module dans le programme.

Figure 9 : Fiche de lot n° 4.5

6.4. Annexe 4

Nom du livrable	Date	Responsable
Rapport de recherche bibliographique	24/03/2018	BINOUS Hichem
Choix et commande de la caméra 3D	27/03/2018	HAMOUD Idris
Démonstration du montage mécanique du prototype	03/05/2018	IRUIT Juan
Démonstration de la capture d'une première mesure avec le prototype	15/05/2018	GOUGOUA Alban
Démonstration de l'acquisition des données par le logiciel	22/05/2018	SEGHAIER Oussama
Démonstration du calcul du volume d'un vase test et comparaison avec le volume connu (vérification de la précision)	22/05/2018	GOUGOUA Alban
Démonstration de la représentation 3D de l'intérieur d'un vase	22/05/2018	SEGHAIER Oussama
Rapport final du projet	07/06/2018	HAMOUD Idris
Démonstration du prototype final au client et ET	18/06/2018 au 24/06/2018	GOUGOUA Alban

Tableau 4 : Liste des livrables intermédiaires

6.5. Annexe 5

Nom du risque	Responsable de la tâche	Solution proposée	Evaluation du risque
Retard sur les recherches documentaires	Idris - Oussama	Travail le week-end	Faible
Appareil pas assez précis dans la mesure du volume	Idris	Redéfinition du corpus pour travailler avec les dispositifs existants	Fort
Outil de modélisation 3D : utilisation pas adapté	Oussama	Création d'une bibliothèque personnelle.	Faible
Mauvaise gestion du budget : idée initiale pas satisfaisante, nécessité de changer	Oussama	Être précautionneux et ne pas acheter de matériaux inutilement	Moyen
Pas de dispositif mécanique approprié	Alban	Trouver une solution de repli quitte à faire tourner l'appareil à la main pour démontrer l'efficacité de l'appareil	Moyen

Tableau 5 : Tableau des risques initiaux

6.6. Annexe 6

 IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire École Mines-Télécom	Rapport d'avancement semaine n°2 (19/02/2018 → 25/02/2018)
---	---

<u>Projet 51 :</u> Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique.	RESPONSABLE DE GESTION DU PROJET : M. GOUGOUA Alban RESPONSABLE DE LA COMMUNICATION : M. BINOUS Hichem CHARGE DE LA DOCUMENTATION : M. HAMOUD Idris RESPONSABLE DU SUIVI HORAIRE ET DU BUDGET : M. SEGHAIER Oussama RESPONSABLE DU FORUM : M. IRUIT Juan Pablo
---	---

Rédacteur : M. GOUGOUA Alban

Relecteur-correcteur : M. HAMOUD Idris

Client : M. Grégory CHAMBON

Encadrants techniques : M. Ioannis KANELLOS
M. Kevin HEGGARTY

Encadrants GP : M. Daniel STOENESCU
M. André THEPAUT

1. Travail fait dans la semaine :

➤ *Recherche documentaire*

Nous avons fait des recherches d'une part sur des capteurs pouvant être capables de détecter la présence d'une surface (l'intérieur de vases) et recueillir ces données. Cette recherche était soumise à des critères tels que : *la taille, la précision et le coût* des différents capteurs.

D'autre part, nos recherches portaient sur les outils informatiques de modélisation 3D. Ces outils devaient respecter un critère spécifique : celui d'être compatible avec le *langage Python*. Plusieurs bibliothèques ont été étudiées : PyqtGraph, Vispy, Matplotlib et VPython.

➤ *Réunion avec les encadrants du GP*

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

Cette réunion a eu lieu le mardi 20 février de 9h00 à 10h30 en salle C07-103A de l'IMT Atlantique. La réunion consistait à faire un retour aux différents groupes de projet S4 sur leurs rapports d'avancement n°1, et leur présenter le Plan de Management (PdM). Les étudiants du groupe 51 présents lors de cette réunion étaient GOUGOUA Alban et SEGHAIER Oussama.

➤ Réunion faite avec le client et les encadrants techniques

Une réunion a eu lieu le jeudi 22 février à l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) faculté des Lettres à 14h10 et s'est terminé à 15h10. C'était la première réunion avec le client et elle avait pour objectif de cerner le besoin du client et lui proposer des solutions à la suite de nos premières recherches. Avec le client, on a défini le corpus (taille, largeur, forme) de vases à étudier et à utiliser pour les tests. On a aussi décidé d'acheter certains capteurs LIDAR pour tester leurs capacités.

2. Travail à faire la semaine prochaine :

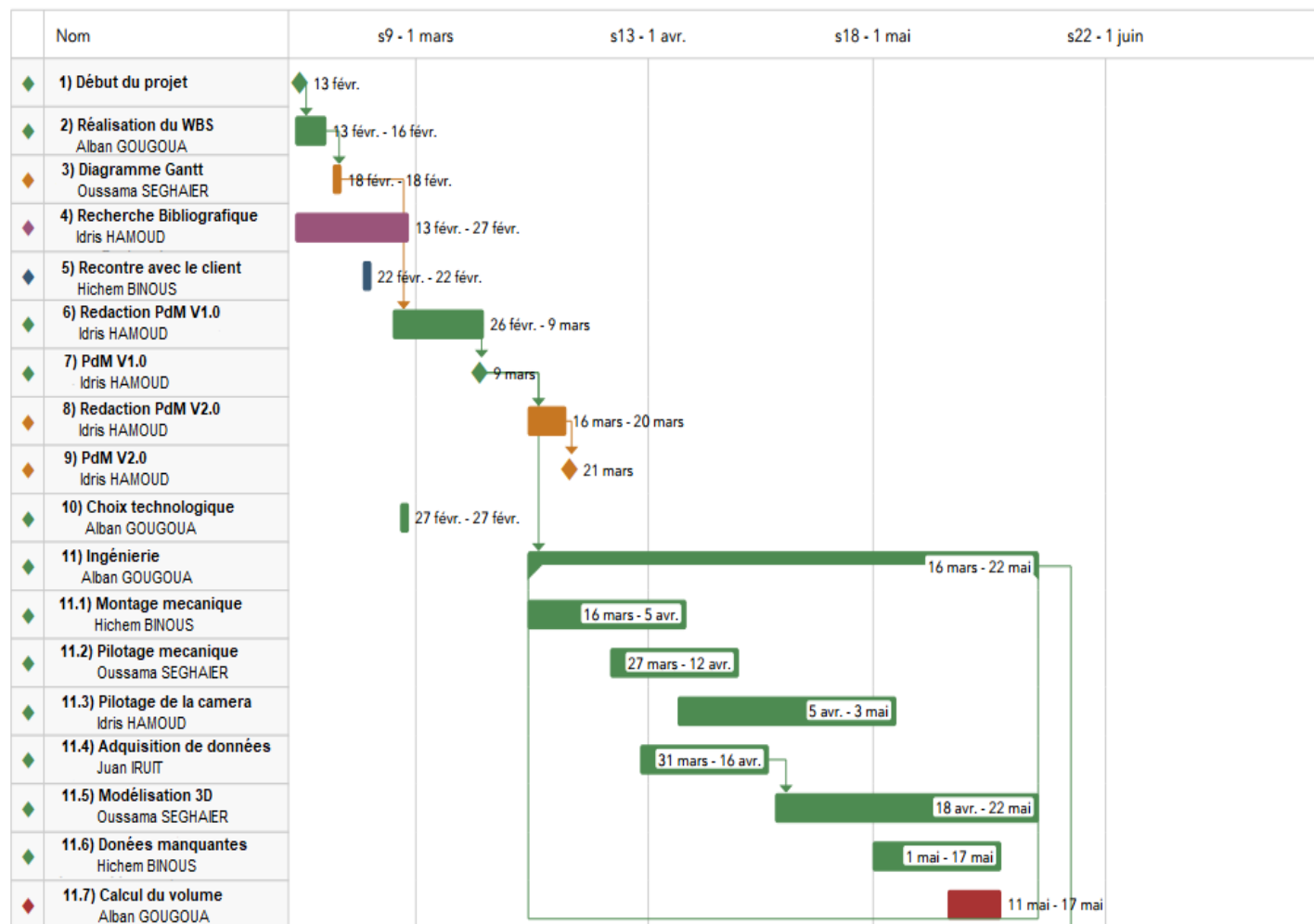
- *Début de rédaction du PdM* : la mise en forme du document.
- *Finalisation des recherches documentaires* : faire les recherches sur la mécanique à utiliser pour le dispositif (pilotage caméra et pilotage dispositif)
- *Achat de capteurs LIDAR pour tests optiques* : prévoir une séance de TP au laboratoire.

3. Risques

Nom du risque	Responsable de la tâche	Solution proposée	Evaluation du risque
Finalisation des recherches documentaire	Idris - Oussama	Travail le week-end	Faible
Dispositif de mesure adéquat impossible à trouver	Idris	Redéfinition du corpus pour travailler avec les dispositifs existants	Moyen
Outil de modélisation 3D : utilisation pas adapté	Oussama	Création d'une bibliothèque personnelle	Faible
Non-respect des exigences du cahier de charges	Hichem	Suivi et communication avec le client à chaque étape	Moyen
Non-respect du planning Gantt	Oussama	Ajout d'heures supplémentaires	Moyen

4. Diagramme de Gantt suivi

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique



6.7. Annexe 7

CAHIER DES CHARGES

PROJET 51 :

*Conception et prototypage d'un dispositif
pouvant mesurer avec précision la capacité
d'un vase antique*

Version : 2

Date : 23/03/2018

<i>Client</i>	<i>Prestataire</i>	
Grégory Chambon <i>Directeur d'études à l'EHESS</i>	Nom1 : BINOUS Hichem Nom2 : GOUGOUA Alban Nom3 : HAMOUD Idris Nom4 : IRUIT Juan-Puablo Nom5 : SEGHAIER Oussama	
<u>Cahier des charges approuvé dans sa version</u> <u>le / / par</u>		

1. Introduction

1.1. Objet du document

Ce document décrit tous les services que doivent rendre le produit et ses livrables et toutes les exigences qu'ils doivent satisfaire.

1.2. Portée du document

Ce document est destiné à formaliser le besoin du client dans le cadre du projet S4 INGÉ.

1.3. Abréviations

Abréviations	Signification	Libellé
MTBF	Mean time before failure	Temps moyen entre chaque panne pour un composant
VIT	Vitale	Exigences fonctionnelles ou non fonctionnelles indispensables
IMP	Importante	Exigences souhaitées mais non exigées
MIN	Mineure	Exigences non exigées immédiatement, mais qui devront être prises en compte ultérieurement par le produit (impact sur l'évolutivité)

2. Les objectifs du produit

2.1. Définition du produit

Le client nous demande de lui fournir le prototype d'un appareil pouvant mesurer avec une bonne précision le volume d'un vase antique.

*Il sera donc constitué d'une partie **physique** capable d'effectuer les mesures et d'une partie **logicielle** qui traitera les données afin d'obtenir un modèle 3D et le volume du vase.*

Sachant que le vase peut être incomplet et que l'appareil doit être capable de modéliser l'intérieur du vase tout en préservant l'intégrité de l'artefact qui peut être unique et dont la valeur est inestimable.

2.2. Contexte économique du produit

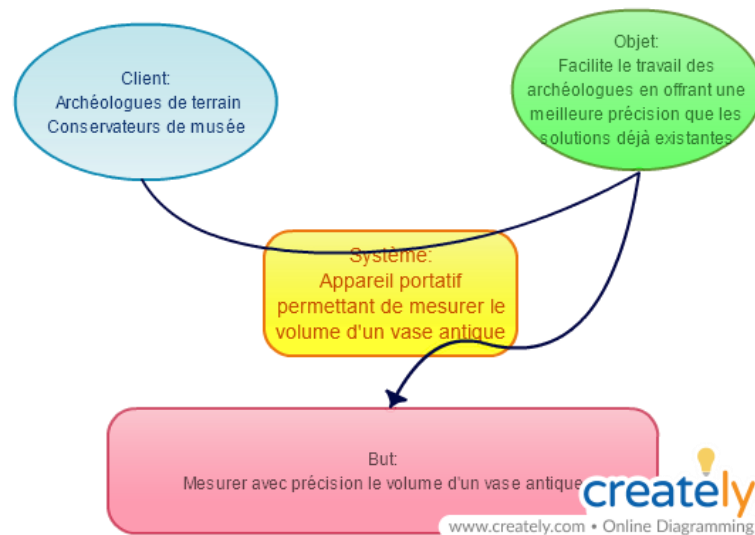
D'après la fiche descriptive du projet procurée par notre partenaire extérieur, il n'existe pas aujourd'hui d'appareil permettant de mesurer avec précision le volume d'un vase pour les archéologues de terrain.

Les mesures réalisées actuellement sont basées sur des représentations graphiques n'offrant que des résultats approximatifs, et le temps d'acquisition est de quelques heures environ.

3. Exigences sur le produit

3.1. Capacités Fonctionnelles

Description des fonctionnalités



Bête à corne

Nom	Mesurer avec précision la distance séparant l'appareil du bord du vase visé
Description	Mesure physique et enregistrement des données
Événement déclencheur	L'utilisateur enclenche la mesure
Entrées	Aucune
Sorties	Données concernant la distance
Contraintes	Précision < 5 % Largeur du vase comprise entre 10cm et 1m
Importance	VIT

Nom	Envoyer chacune des mesures réalisées au logiciel
Description	Communication entre la partie logicielle et la partie physique réalisant les mesures
Événement déclencheur	Le système enclenche la communication automatiquement
Entrées	Informations
Sorties	Acquittement de l'envoi

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

Contraintes	<i>Il faut que la communication soit suffisamment rapide pour avoir lieu entre deux mesures consécutives Nous souhaitons que le temps d'acquisition soit inférieur à 10 minutes.</i>
Importance	<i>VIT</i>

Nom	<i>Modéliser en 3D l'intérieur du vase</i>
Description	<i>Créer un modèle 3D à partir des informations recueillies par l'appareil de mesure</i>
Événement déclencheur	<i>Le système enclenche la modélisation automatiquement</i>
Entrées	<i>Informations</i>
Sorties	<i>Modèle 3D</i>
Contraintes	<i>Aucune</i>
Importance	<i>VIT</i>

Nom	<i>Extraire l'information concernant le volume</i>
Description	<i>Calculer le volume à partir du modèle 3D de l'intérieur du vase</i>
Événement déclencheur	<i>Le système enclenche le calcul automatiquement</i>
Entrées	<i>Le modèle 3D</i>
Sorties	<i>Valeur du volume du vase</i>
Contraintes	<i>Aucune</i>
Importance	<i>VIT</i>

Nom	<i>Contrôler la montée et la descente du capteur</i>
Description	<i>Connaître avec précision la hauteur à laquelle est situé le capteur par rapport à son support et à la base du vase.</i>
Événement déclencheur	<i>Automatique</i>
Entrées	<i>Aucune</i>
Sorties	<i>Aucune</i>
Contraintes	<i>Assurer l'intégrité du vase Contrôler avec précision la façon dont tourne et descend le capteur</i>
Importance	<i>VIT</i>

Nom	<i>Permettre à l'appareil de mesure de tourner et de descendre/monter</i>
Description	<i>Pour représenter en 3D l'intérieur du vase il faut pouvoir acquérir des mesures sur l'ensemble du vase</i>
Événement déclencheur	<i>Enclenchement de la mesure par l'utilisateur</i>

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

Entrées	<i>Aucune</i>
Sorties	<i>Aucune</i>
Contraintes	<i>Assurer l'intégrité du vase Contrôler avec précision la façon dont tourne et descend le capteur</i>
Importance	<i>VIT</i>

Nom	<i>Afficher le modèle 3D/volume</i>
Description	<i>Afficher le modèle 3D et le volume à l'utilisateur</i>
Événement déclencheur	<i>Automatiquement une fois la mesure lancée et la modélisation 3D effectuée</i>
Entrées	<i>Modèle 3D et Volume</i>
Sorties	<i>Aucune</i>
Contraintes	<i>Aucune</i>
Importance	<i>IMP</i>

3.2. Exigences non fonctionnelles

3.2.1. Rapidité et Précision

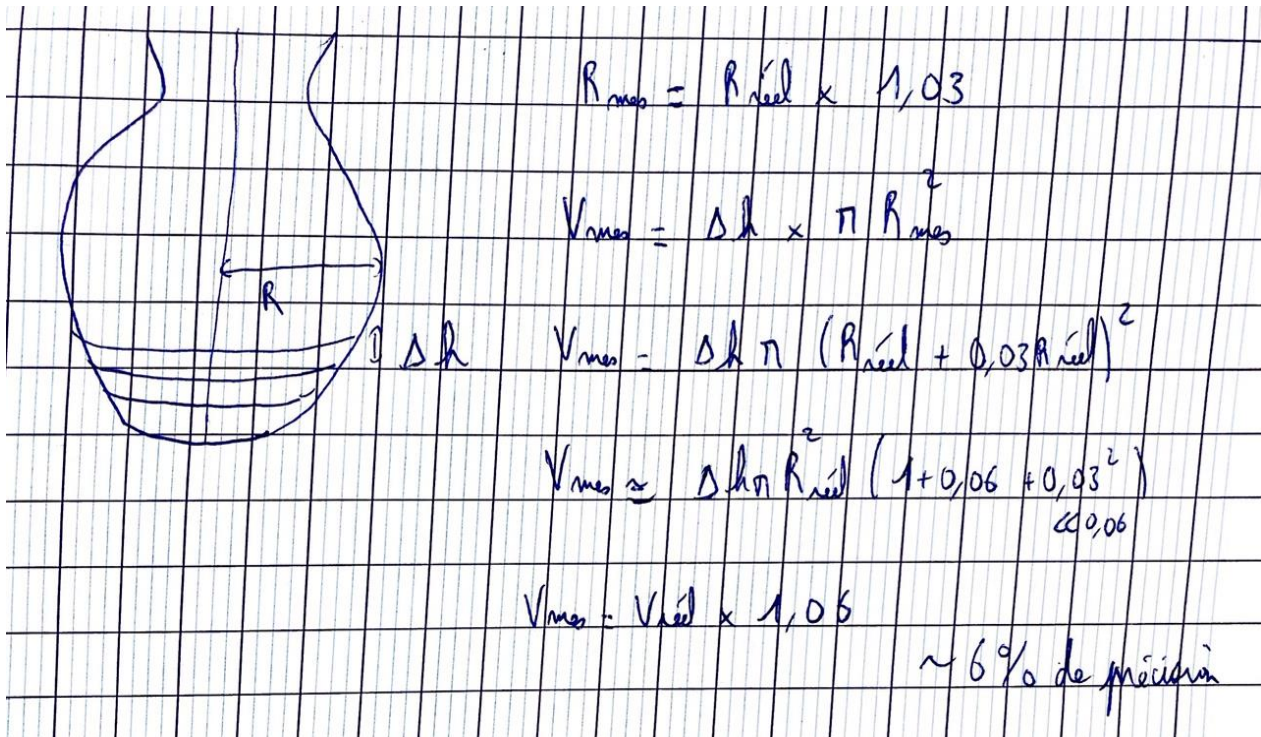
Notre client souhaite que le temps d'acquisition soit inférieur à celui des méthodes existantes, nous chercherons donc à avoir un temps d'acquisition inférieur à 10 minutes.

Nous allons essayer d'approximer la précision sur la mesure du volume en sachant que notre meilleur capteur a une précision de 3 %.

On suppose que le volume est évalué comme étant la somme de petits cylindres d'épaisseur Δh . (voir schéma ci-dessous).

Projet 51 : Conception et prototypage d'un dispositif pouvant mesurer avec précision la capacité d'un vase antique

Nous ne considérerons que l'imprécision apportée par le capteur ainsi on se contentera d'évaluer l'imprécision pour un petit cylindre :



$$R_{mes} = R_{réel} \times 1,03$$

$$V_{mes} = \Delta h \times \pi \times R_{mes}^2$$

$$V_{mes} = \Delta h \times \pi \times R_{réel}^2 \times (1 + 0,06 + 0,03^2) ; \text{ on a } 0,03 \times 0,03 < 0,03 \text{ on peut donc le négliger}$$

$$V_{mes} = V_{réel} \times 1,06 ; \text{ on a donc } 6 \% \text{ de précision dans le pire des cas.}$$

Nous allons effectuer un grand nombre de mesures ce qui nous permettra d'améliorer la précision après lissage de nos résultats.

3.2.2. Facilité d'utilisation

Le prototype final que nous proposerons à notre client viendra accompagné de la spécification du capteur choisi. Nous produirons également une notice d'utilisation détaillée du logiciel comportant des exemples d'utilisation de l'appareil.

Le logiciel comportera toutefois une interface intuitive et ne nécessitera pas de formation préalable de la part de l'utilisateur.

3.2.3. Maintenabilité

La partie physique de notre prototype se devra d'avoir une durée de vie d'au moins 5 ans. Nous devons donc choisir nos composants en faisant attention à leur MTBF.

Le code de la partie logicielle se devra lui d'être facilement maintenable, il devra être factorisé et commenté clairement.