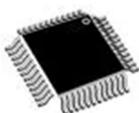
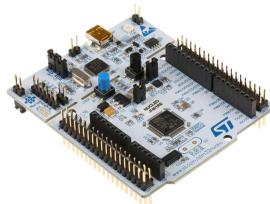




Ecole Nationale
Supérieure
de l'Electronique
et de ses Applications

Mini projets d'Electronique 1AB



(2+9+1 séances)
Professeur : Laurent MONCHAL
Salle : C304

Présentation des thèmes et de l'organisation

Année 2025/2026 – ver. Du 6/2/2026

1. Le contexte

Les mini-projets d'électronique à l'ENSEA du semestre 6 sont définis ainsi :

« *Il s'agit de développer un sous-ensemble de mesure ou de commande autour d'un ou de plusieurs capteurs, une unité de traitement et des sorties, pour la commande d'un processus. Il fait généralement l'objet du développement d'un prototype sur circuit imprimé (ou très éventuellement sur plaque de test) et implique l'apprentissage et l'usage d'un logiciel de routage.* » (DEP 1601)

En 2026, ils se déroulent les lundis après-midi du 2 février 2026 au 18 mai. Ils s'étalent donc sur plus de 3 mois. Au total, vous disposez de 9 séances de 4 heures de travail en salle C304. La dixième et dernière séance (celle du 18 mai) consiste en une présentation/démonstration de votre travail. Avant les séances en salles, 2 séances de TD (2h) sur KiCAD sont indispensables à un bon démarrage. Vous devez être présent sur les créneaux des séances de projet car c'est un travail de groupe, coordonné. De manière simple j'appliquerai un coefficient de présence selon vos retards et absences. Ce coefficient vaut 1 par défaut mais s'érodera selon vos absences et retards. Un travail entre les séances va s'avérer plus que nécessaire. En effet l'un des points essentiels (rappelé ci-dessus) est le **développement d'un prototype sur circuit imprimé** et son tirage. Ceci exige un minimum de « gestion de projet » : de manière plus prosaïque on peut dire que vous allez devoir vous y prendre à l'avance et donc que vous preniez rapidement du temps concernant la création de votre circuit imprimé.

Je présenterai, à la demande, comment travailler avec le logiciel STM32Cube IDE que je vous invite à installer sur votre propre ordinateur si ce n'était pas déjà fait.

Une séance finale de présentation de votre projet est prévue : c'est la dernière séance.

2. Bases communes

La ressource physique et temporelle commune est le laboratoire C304 pendant les créneaux attribués aux projets. Vous mettrez dans la grande armoire noire les composants de votre projet. Je vous distribuerai une boîte dans laquelle ranger vos composants. Vous mettrez une étiquette en papier sur cette boîte pour l'identifier à vos noms (ajoutez aussi mon nom et l'année).

Un dépôt commun pour élaborer et distribuer vos tâches doit être utilisé prioritairement. Je vous enverrai le lien.

Les outils communs (indispensables et obligatoires) pour ce projet sont :

- Des cartes NUCLEO STM32L476 (celles qui vous ont été distribuées mais j'en mettrai à votre disposition pour faire des tests qui pourraient s'avérer destructif). Elles peuvent déjà être utilisées pour programmer le microcontrôleur STM32.
- Des modules dotés de capteurs de type ToF (Time of Flight) VL53L5 ou VL53L7 qui permettent de fournir une carte des profondeurs sous la forme d'une image tridimensionnelle 8 par 8 soit 64 points.
- Des cartes qui permettent d'exploiter les composants VL53L5 et VL53L7.
- Un outil de développement logiciel pour écrire et télécharger le code C qui va être exécuté sur vos cartes STM32 (Discovery ou Nucleo). L'outil le plus complet est « **STM32CubeIDE** ». Vous le connaissez déjà un peu !
- Le logiciel de CAO pour concevoir un PCB : KiCAD que vous avez découvert en travaux dirigés ([PAGE du TD KiCAD](#)). N'hésitez pas à revenir sur cette page car elle vous sera très utile : nous réutiliserons des éléments similaires à ceux mis en place en TD.
- De nombreux guides de développement sont disponibles sous Moodle pour démarrer à la page : [RESSOURCES STM32](#) .

Chaque groupe a à développer une carte (PCB) autonome qui comportera au moins :

- un STM32
- une mémoire EEPROM
- les connexions vers un capteur ToF
- autres composants : LED, boutons...

L'évaluation de la qualité de votre travail se base principalement sur la réalisation du PCB de votre carte et sa mise en œuvre (tests associés et validation par partie des circuits de votre carte).

3. Les sujets ou objectifs fonctionnels

Vous devez réaliser une carte à base de STM32 permettant

- Comptage de présence par ToF
- Détecteur de passage
- Détecteur de mur pour un robot
- Mesure : taille d'un individu.
- Comptage d'individus par appui sur un bouton.

Cela implique **prioritairement** la réalisation d'une carte avec un STM32 associé à une EEPROM, des LEDs, des boutons et un connecteur vers un VL53L5 (ou 7) CX-SATEL pour certains.

Vous devrez aussi pouvoir programmer votre STM32 : pour cela vous pourrez utiliser votre carte NUCLEO-STM32L476 en anticipant dans votre schéma une connectique pour cela (afin d'utiliser la sonde de téléchargement présente sur votre NUCLEO et ainsi programmer votre propre PCB comme vous le faites en TP). Je vous indiquerai lors de la première séance à quelles connections cela fait appel (vous pourrez ainsi enlever le connecteur 14 broches prévu dans le cadre du TD pour programmer via une sonde JTAG votre STM32 sur votre PCB).

Ne perdez pas de vue que ces objectifs fonctionnels ne constituent pas l'objectif principal ! En effet, l'objectif principal est la réalisation et mise en œuvre d'une carte sur circuit imprimé, conçue, dessinée, testée, validée par vous. L'objectif fonctionnel permet d'orienter votre travail : quels composants ajouter ou associer à votre carte par exemple. Il permet de donner un sens à votre matériel.

4. Le séquencement d'une séance de projet

Voici la façon dont vous allez travailler à chaque séance :

1. Développement sur les objectifs définis la séance précédente.
2. Avant la fin de séance : court « reporting » du travail réalisé.
3. Dans le dernier quart d'heure : reconsideration des objectifs et assignation des prochaines tâches et des « homeworks ».

5. Documents et ressources utiles

Ressources STM32CubeIDE sur Moodle
<https://moodle.ensea.fr/course/view.php?id=728> et « st.com ».

Fichiers communs.

Ressources du TD KiCAD sur Moodle :
<https://moodle.ensea.fr/course/view.php?id=729>.

6. Pistes de travail

a) Cahier des charges

Donné. Il faut le restituer sous la forme d'un document écrit. C'est le premier travail. Il sera intégré au CR final. Posez les questions nécessaires à l'enseignant : je sais ce que je veux vous faire réaliser mais il faut que vous « décryptiez » mes objectifs.

b) Architecture du projet

Présentée au tableau. Il est aussi à restituer dans un document. Un responsable architecture veille à faire émerger des tâches et à l'adéquation avec les objectifs finaux. Le deuxième travail constitue à disséquer cette architecture afin de distribuer des missions (ou tâches).

c) Répartition du travail/gestion de projet

Le coordonnateur du groupe veille à la répartition des tâches et à leur séquencement prioritaire. Les séances sont consacrées au développement de votre travail mais un travail entre les séances est nécessaire. La répartition des tâches ne

se fait pas en début de séance mais en fin de séance (pour le temps entre les séances et la prochaine fois). Les missions techniques peuvent être individuelles par binôme, trinôme... elles doivent être identifiées individuellement.

Un espace d'équipe sera créé. Vous devrez découper le travail global en sous-objectifs. Vous pouvez dans une première approche effectuer un découpage en 3x3x3. Ces objectifs seront transformés en tâches qui seront distribuées toutes ou partie aux membres de l'équipe.

Pour les codes STM32, merci de les déposer sur un GitHub.

d) Le carnet de bord / Reporting

Il est demandé chaque semaine. C'est un document texte commun (word ou autre) qui rend compte de votre avancement. Quelques lignes (2 à 3) suffisent pour chacun d'entre vous + une capture d'écran éventuellement. Par exemple :

- Aujourd'hui : LM > ajout de 6 composants sur le schematic de la carte STM32G4
- Prochaine fois : Ajout des 5 capacités manquantes et routage

La forme générale est donc :

- Aujourd'hui : NOM > Actions
- Prochaine fois : objectif

e) Objectif

L'objectif principal est la réalisation d'une carte la plus opérationnelle possible répondant à votre objectif fonctionnel. Vous devez vous concentrer sur le matériel. Le logiciel doit dans un premier temps permettre la communication des différents éléments. Ceci signifie que lorsque vous écrivez le logiciel, vous devez d'abord écrire du code permettant de tester votre carte. L'écriture de la fonctionnalité finale de votre carte arrive à la fin de votre développement.

f) Responsabilités de gestion du projet

En plus des responsabilités techniques, je vous demande de vous positionner sur une ou plusieurs tâches suivantes :

1. TASKER : responsable de la distribution des rôles techniques et des tâches
2. REPORTER : responsable du rapport quotidien. Il veille à ce que tout le monde tienne à jour le rapport d'activité. Ce n'est pas à lui de le rédiger pour les autres.
3. TIMER : il rappelle les échéances temporelles.
4. TESTER : c'est un rôle qui consiste à veiller que chaque avancée soit testé le mieux possible. Là encore, il n'est pas là pour écrire les tests mais faire en sorte que chacun documente son avancée par un test.
5. DOCKER : Gestion de la documentation technique. Il veille à ce que chacun télécharge les informations utiles au projet. Cela peut être sous forme de lien dans un fichier.

g) Tests et validations

Testez vos différents blocs ou éléments matériels et logiciels. Il peut être fastidieux de tester chacun des blocs mais il peut être encore plus fastidieux de tester un bloc comportant de nombreux composants et multitudes de blocs non testés. Si vous trouvez vraiment fastidieux de tester chaque bloc, ne laissez cependant pas s'accumuler les blocs non testés. Soyez malin : n'effectuez pas des tests exhaustifs

mais plutôt des tests représentatifs des configurations qui vont se présenter lors du fonctionnement.

h) Réalisation matérielle de circuits

C'est la partie centrale de votre projet. Cette réalisation comporte plusieurs étapes :

- Conception « sur le papier » des circuits (souvent issu de la documentation du composant principal).
- Saisie du schématique sous KiCAD. En cas de doutes, vous pouvez mettre en œuvre plusieurs options sur votre circuit à l'aide de « straps » ou en ajoutant un maximum de connecteurs externes.
- Génération et élaboration du « board » (respect des règles pour tirage des circuits à l'ENSEA). Ne pas oublier les connecteurs et les plans de masses.
- Demande de tirage du circuit.
- Récupération du PCB.
- Soudage des composants (en commençant par les plus difficiles et les moins encombrants et en finissant par les connecteurs).
- Le prototypage du composant est réalisé directement sur le circuit PCB : il faut lier votre carte à votre carte à microprocesseur sur laquelle tourne votre partie logicielle.
- Pour vous rassurer (ou pas) : il est exceptionnel que votre circuit « tourne » du premier coup. Il faut mettre au point une procédure de tests, écrire du code pour le test, utiliser l'oscilloscope, re-consulter la documentation...

i) Réalisations logicielles

N'oubliez pas que vous devrez faire communiquer vos composants et les faire agir selon vos objectifs. L'outil privilégié est STM32CubeIDE version 1.19 (pas la 2.0 publiée en janvier 2026).

7. Le rendu final

a) *Où déposer le rapport et les fichiers ?*

Vous téléchargerez vos documents dans l'espace des fichiers associé à votre projet dans un répertoire commun. Créez des répertoires pour rendre correctement l'ensemble de vos documents. Mettez-vous dans l'état d'esprit d'une transmission de votre projet à un groupe qui doit le reprendre sans le connaître au départ dans le but de le continuer ou de l'améliorer.

Des conseils :

- Donnez des noms évocateurs à vos fichiers et répertoires
- Ne laissez pas des projets qui ne compilent pas ou ne sont pas fonctionnels. Cela fait mauvais effet quand on tente de les ouvrir.

b) *Rapport technique*

Son objectif est de décrire les aspects techniques de votre développement tout en le résitant dans son contexte au début. Il faut l'écrire en pensant qu'il puisse être relu, l'année prochaine par un élève de première année (naïf comme vous l'étiez, il y a 3 mois) qui voudrait reprendre votre projet ou s'en inspirer.

Le rapport technique, en format informatique (.doc, .odt ou autre mais surtout aussi une version en PDF).

Vos explications sur un point technique précis doivent intéressantes pour un autre étudiant et c'est l'objectif. Elles sont aussi intéressantes pour moi en tant qu'enseignant car cela me permet d'avoir votre vision des choses et ainsi modifier ma documentation dans votre sens. Ce qui compte pour l'évaluation c'est la qualité du texte, sa compréhension.

Il ne faut pas tout détailler car vous n'aurez pas le temps de tout rédiger. Il faut sélectionner ce que vous privilégiez.

Il n'y a pas de limite stricte sur le nombre de pages. Je pense que pour ce type de projet une vingtaine de pages de texte "pur" sans image c'est très bien.

Evitez les annexes « inutiles » : mettez vos photos ou copies de codes là où ils doivent se trouver pour le lecteur. C'est beaucoup plus simple pour le lecteur. Ce n'est pas grave si cela gonfle ensuite le nombre de pages de votre rapport. Par exemple si vous faites référence à une documentation : vous pouvez faire une copie d'écran (ou autre) de la partie intéressante dont vous parlez dans votre texte et renvoyer par un lien vers la documentation elle-même. Pour une documentation volumineuse, vous pouvez en ajouter une copie au dossier technique (fichiers).

Voici les parties et/ou thème à aborder :

- Une couverture : vos noms et prénom, les dates (début et fin), le contexte (Projet de 1^{ère} année avec M. Monchal), le nombre d'heures, une photo de couverture
- Un résumé de 15 lignes maximum (en anglais si possible)
- Une introduction
- Une présentation globale de votre projet : son contexte (en quoi il va sauver le monde) (expliquez au moins ce que vous voulez faire)
- L'architecture globale de la réalisation
- Une explication technique même brève concernant la réalisation de chaque bloc ainsi qu'une description de la fonctionnalité réalisée
- Les schémas des circuits
- L'architecture logicielle et le code C qui en découle (au moins en annexe)

Mini projets première année (ENSEA semestre 6)

- Il peut être intéressant de consacrer une partie aux interfaces et à leur interfaçage entre le matériel de votre PCB et la carte STM32. Ces explications vont relever autant d'aspects matériels que d'aspects logiciels.
- Les tests réalisés avec une mise en évidence des résultats : validation ou non. En particulier les tous derniers tests : quel problème ou voie sans issue avez-vous détecté ?
- Vous pouvez opter de développer un chapitre autour d'un (ou plusieurs) composants importants :
 - Donner les objectifs globaux du composant (son utilité dans le projet)
 - Analyse des alimentations et des entrées/sorties
 - Le schéma typique proposé dans la documentation
- Décrivez le code écrit à l'aide de STM32CubeIDE :
 - Les initialisations
 - Le lien avec les broches (pins) du composant
 - Les fonctionnalités mises en œuvre et le code correspondant
 - L'architecture logiciel : le découpage en fonctions
- Documentez chacune de vos réalisations de type PCB :
 - Votre schéma saisi sous KiCAD (format image) : en plus des fichiers sources KiCAD, faites une impression au format PDF des fichiers pour qu'ils soient visualisables sans le logiciel mais aussi sous format PDF.
 - Votre routage : PCB et réalisation
 - Les tests
 - L'intégration du composant au projet
 - Faites un zip de chaque projet KiCAD que vous laisserez sur dépôt.
 - ...
- Les étapes temporelles de votre réalisation. Vous pouvez alors reprendre des éléments de votre carnet de bord en les résumant.
- Une conclusion avec ce qui vous a le plus intéressé, ce qui serait à améliorer mais aussi ce que vous apporté ce projet sur les thèmes suivants (exemples à donner):
 - Maitrise des TIC,
 - Capacité d'adaptation et relationnelle,
 - Aptitude à mobiliser des ressources variées. ...
 - Conception de systèmes complexes
- Le sommaire de votre document avec les pages (peut être mis au début).
- Une quatrième de couverture : rappel de vos noms, dates, contexte et du résumé.

c) Présentation / soutenance

Elle a lieu lors de la dernière séance : lundi 18 mai 2026.

C'est une présentation globale qui dure moins de 4 minutes par élève : on visera une durée.

Elle s'appuie sur une vidéo projection (Power Point ou Open Office ou autre). N'oubliez pas de bien introduire les notions nécessaires à tous pour la compréhension de vos propos. Il ne s'agit pas d'un cours et vous n'aurez pas le temps de donner des détails techniques (qui seront dans votre rapport).

Je vous invite à lire les documents sur Moodle concernant les présentations.

Quelques conseils pour préparer votre présentation :

- Une présentation ça ne s'improvise pas !
- Mettez-vous à la place de votre auditoire : il a des connaissances générales (en électronique ou autres) mais il ne connaît pas le sujet !
- Définissez chaque terme propre à votre sujet. Posez-vous la question pour chaque terme utilisé.
- Donnez le contexte d'application.
- Donnez vos objectifs : pourquoi cette réalisation ?
- Définissez clairement les fonctionnalités de votre « produit » : pour quoi faire ?
- Quel est le mot clé des candidats de Kho-Lanta ? Bien évidemment c'est la « stratégie » !! Ici le mot clé équivalent est : ARCHITECTURE. Il faut que vous présentiez une diapo avec des schémas blocs, présentant vos différentes entités et les flux de données.
- Evitez les schémas repris directement sur un logiciel : ils passent mal et ennient votre auditoire. Cependant, je vous conseille de ressaïsir (par exemple une architecture) avec les outils de dessin d'édition de PowerPoint les dessins importants.
- Evitez les « scan » qui conduisent en général à des catastrophes visuelles en projection grand format.
- Evitez toute forme d'humour car l'enseignant y est en général insensible et totalement hermétique. Oui c'est de l'humour !
- Attention aux polices de caractères : privilégiez une police sans « empattement » de type Arial (abcdefg) à une police avec (Times : abcedfg) qui sont moins lisibles en projection.
- Attention aussi aux couleurs de votre police et de vos dessins: le jour venu, le vidéo projecteur ne sera peut-être pas aussi puissant ou contrasté que le PC sur lequel vous avez travaillé.
- Dans vos diapositives vérifiez qu'apparaissent bien les informations suivantes (j'enlèverai un demi-point par information manquante après évaluation):
 - Sur la première diapo :
 - Le contexte :
 - ENSEA,
 - Projet d'électronique numérique 1A encadré par ...
 - La date,
 - Vos noms et prénoms (présentez-vous) (même si dans ce contexte c'est bizarre),
 - Le titre de votre réalisation (grande police de caractères)
 - Sur chaque diapo
 - Le **numéro** de la diapo (très important pour que l'on puisse vous poser des questions),
 - Rappel du titre et de vos noms (selon place disponible) en cartouche,
 - Le titre de la diapo.

d) Démonstration

Vous montrerez le fonctionnement de votre maquette à tous. Vous inviterez éventuellement l'assistance à essayer votre réalisation.

Mini projets première année (ENSEA semestre 6)

Vous devez rendre vos réalisations à la fin de la dernière séance après les démonstrations. Ceci permet d'évaluer la qualité de la réalisation mais aussi récupérer le matériel.

e) Ce qui est à rendre

Vous devez me rendre les éléments suivants :

1. Vos **montages** à l'issue de la dernière séance.
2. Vos **diapositives PowerPoint** ou LibreOffice sous forme ppt, pptx ou pdf par mail, ceci impérativement juste après la soutenance.
3. Votre **rapport** avant le dimanche 4 juin 2023 à 23h59 (envoi au format PDF et doc).
4. Les **fichiers informatiques** constituant votre travail : *.sch, *.brd et *.c (faites un zip par thème : (PCB, C, composants...)) avec votre rapport à la même date.
5. La documentation des composants

8. Informations sur la réalisation des PCB

A remettre à jour selon les infos 2026.

Avant de lancer la réalisation de votre PCB sur un support matériel (circuit imprimé), il est indispensable d'imprimer au format 1:1 les couches PCB recevant des composants (souvent on ne met les composants que sur la couche du haut (front)). Une vérification simple consiste à prendre vos composants (réels) et de les déposer sur les empreintes de votre circuit imprimé. Cela demande de rassembler les composants que vous allez souder sur la carte, cela même avant le tirage du PCB. Un piège classique est de choisir des empreintes de trop petite dimension pour les résistances et les capacités. D'ailleurs il existe des empreintes différentes pour les mêmes composants : certaines sont plus larges et permettent une soudure à la main plus aisée.

9. Recherche d'empreintes pour logiciel de routage

Pour certains composants, vous aurez du mal à trouver le symbole et l'empreinte. Ne négligez pas une piste pour les composants disponibles chez Farnell ou d'autres distributeurs (Mouser). Par exemple, pour un certain composant RTC on trouve sur Farnell :

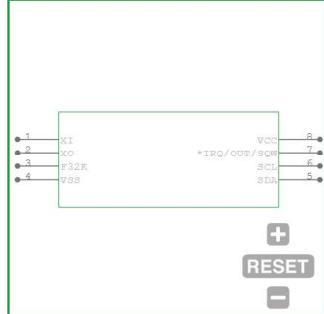
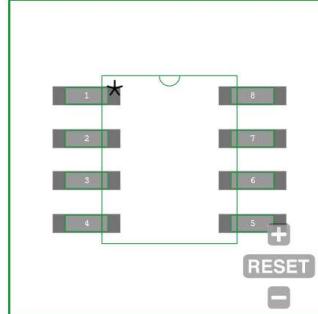
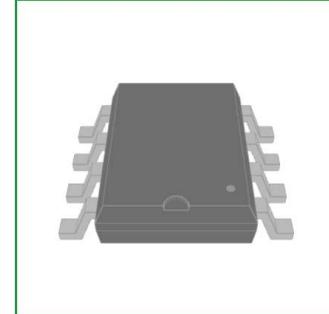
The screenshot shows the Farnell website interface. At the top, there's a search bar with dropdown menus for 'Tous' and 'Réf. Farnell / Réf. Fab. / Mots-clés'. Below the search bar is a navigation menu with links for 'Tous les produits', 'Fabricants', 'Ressources', and 'Communauté'. A green banner at the bottom of the menu bar reads 'Horaires d'ouverture et informations de livraison pendant les vacances'. The main content area displays the product details for the M41T80M6F. On the left, there's a large image of the SOIC-8 package. To the right, the product information is listed:

Fabricant :	STMICROELECTRONICS
Réf. Fabricant:	M41T80M6F
Code Commande :	2806830
Fiche technique:	M41T80M6F Datasheet

At the bottom of the product page, there are links for 'Download CAD' (with a small icon) and 'Ajouter au comparateur' (with a small icon).

Notez en bas à gauche le « Download CAD ».
Cliquez dessus :

STMicroelectronics - M41T80M6F
Serial real-time clock (RTC) with alarm

Symbol	Footprint	3D Model
		
Normal View	Basic View	
M41T80M6F 1	SO-8 STM	
Choose CAD Formats & Download		

Puis sur « Choose CAD Formats » :

STMicroelectronics - M41T80M6F
Serial real-time clock (RTC) with alarm

Choose CAD Format(s) Return to Previews

3D CAD Model ►	Mentor ►
Altium ►	Pulsonix ►
Autodesk ▾	Quadcept ►
<input checked="" type="checkbox"/> Eagle6 Library 	TARGET 3001! ►
<input type="checkbox"/> DXF-2D 	Zuken ►
<input type="checkbox"/> DXF-3D 	
<input type="checkbox"/> Fusion360 PCB 	
Cadence ►	
DesignSpark ►	
KiCAD ►	

Symbol Pin Ordering Functional Footprint Units English (mil)

Pour KiCAD, il faut choisir KiCAD (bien entendu !).

10. Les 13 makers concernés en 2026 et les sujets

a) Groupe 1 : LOCALISATION de MUR

GOSELIN Romane
BOUSSAADAA Nassim
MATHOUX Hugo

b) Groupe 2 : MESURE de la TAILLE d'un individu

PAUCHET Louis
NDIAYE Amadou
BOUTERIA Zakaria

c) Groupe 3 : DETECTEUR de PASSAGE

JOUINI Rami
DOUHAIRET Matthias
BAKARY-GANDO Maxime

d) Groupe 4 : COMPTAGE de PRESENCE

AIT KHORSA Imane
REMOND Gaëtan
VACHER Maël
SIDIBE Francis

11. Rendu Final

Démonstration des fonctionnalités en dernière séance et rapport technique (avec lien vers codes et autres réalisations).

12. Les mots de la fin

Le principal écueil de ces mini-projets réside dans la gestion du projet. Vous êtes beaucoup à oublier que dans un groupe, vous pouvez souvent travailler en parallèle. En effet, une fois passée la phase d'élaboration du cahier des charges où vous décrivez ce que vous allez faire, vous devez vous partager le travail (la réalisation matérielle et la réalisation logicielle par exemple). Vous êtes beaucoup à attendre d'avoir terminé la première version sur logiciel de votre travail avant d'aborder l'élaboration matérielle de votre carte. C'est une très mauvaise stratégie. En effet, par exemple, la réflexion sur l'élaboration matérielle de la carte amène des informations précises sur ce que vous devez faire.

Les séances « réglementaires » ne suffiront pas à faire aboutir pleinement votre projet. N'attendez pas la fin pour vous investir dans le projet : en effet, vous serez, à ce moment-là, submergés par les contrôles de fin d'années.

Si vous trouvez le projet sous-dimensionné, on peut toujours ajouter des fonctionnalités !

Votre projet est ce que vous en ferez. Amusez-vous !