

Projet d'électronique n° 2
LE SYNTHÉ.

Objectifs pédagogiques



- Appliquer les acquis : AOP, régime transitoire, filtrage analogique
- Développer de nouvelles compétences



- Méthodologie de projet (cycle en V)
- Documenter un travail technique
- Respecter des deadlines
- Écrire un rapport professionnel



- Travail de groupe (groupes de 3)
- Présentation professionnelle d'un travail technique

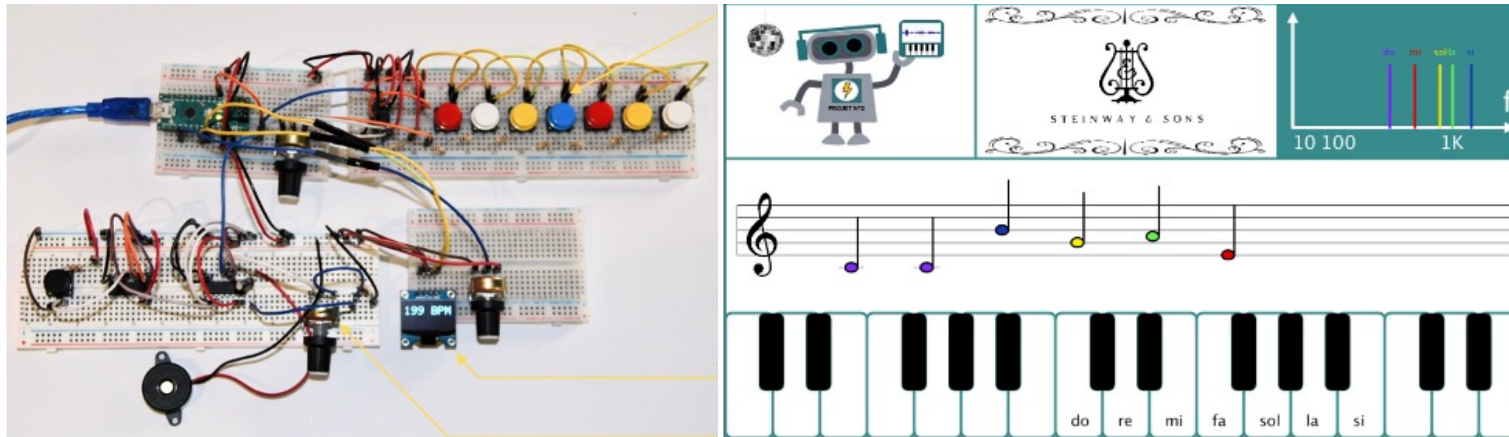


- Créativité



Le synthé.

Dans le cadre du projet semestriel d'électronique, nous allons vous proposer de concevoir, de réaliser et de tester un **synthétiseur** muni d'une interface graphique Processing par **équipes de 3 étudiants maximum**.



Une fois le rapport rendu et les soutenances passées, il vous sera demandé de réinterpréter le clip de Rectangle, du célèbre chanteur, musicien et compositeur français Jacno. Dans la version originale, on peut remarquer qu'un certain nombre de plans ont été filmés sur la dalle du Front de Seine, à deux pas d'Eiffel 1.

<https://www.youtube.com/watch?v=wkjEWW1xp3Y>

Le livrable sera un **clip vidéo de 2 minutes** mettant en avant vos instruments et votre composition vous permettant de participer à un concours de créativité.



Timeline



Semaine du 20 mars : Kick off

Inscription des équipes et choix du sujet

Deadline : dimanche 26/03 à 11:55 du matin

Recherches documentaires

Début de la conception



Timeline



Semaines du 27 mars et du 3 avril : Développement

Aide ponctuelle possible en dehors des cours auprès des permanents

Bureau SC 207



M. Alaeddine BEN TAKHIAT
Ingénieur support en électronique
abentakhiat@ece.fr

Bureau SC 206



Dr Najma GULDNER
Enseignante en électronique
najma.guldner@ece.fr



Dr Maxime SCHNEIDER
Responsable du pôle électronique
maxime.schneider@ece.fr

Bureau SC 206 B



Dr Foued DERRAZ
Enseignant en électronique
fderraz@ece.fr



M. Alain LE GALL
Enseignant en électronique
alain.legall@ece.fr



Timeline



Semaine du 10 avril : Tests et documentation

Pas de réponse aux question

Positionnement des équipes sur un créneau de soutenance

Remise du rapport sur Boostcamp avant le dimanche 16 avril 23:55



Semaine du 17 avril : Soutenances de projet



Timeline



Semaine du 24 avril : Clip vidéo

Remise du lien de votre clip vidéo sur Boostcamp avant le dimanche 30 avril 23:55



Le synthétiseur

Le **synthétiseur** (ou « synthé ») est un instrument de musique électronique qui **génère** et **module des sons** à l'état de signaux électriques. Il peut être utilisé pour imiter des instruments de musique traditionnels mais également pour créer des sonorités complètement originales. Les synthétiseurs sont généralement équipés d'un clavier qui permet de choisir les sons.

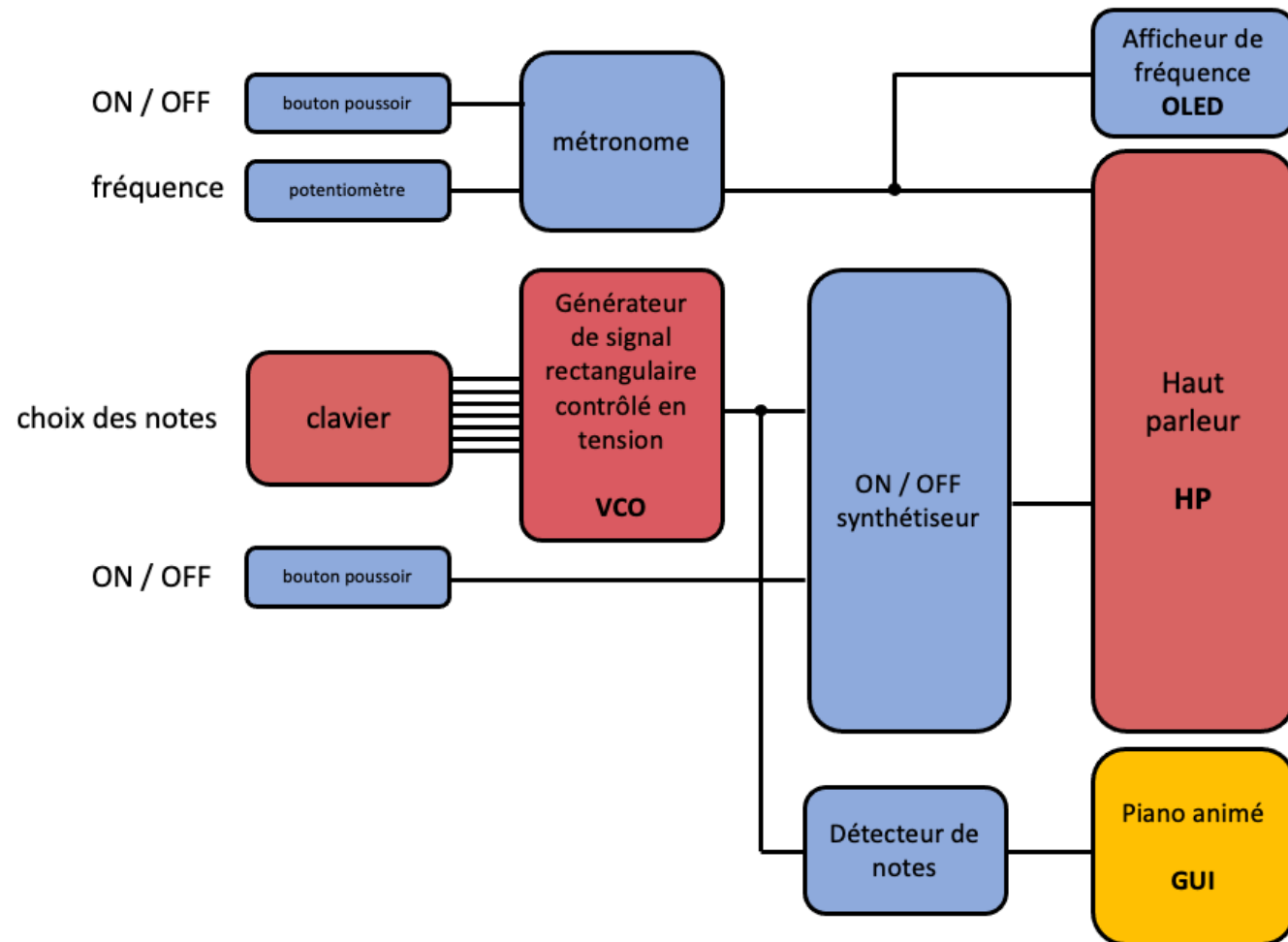
Les synthétiseurs analogiques génèrent des signaux périodiques correspondant à des sons par l'intermédiaire de circuits analogiques et ces sons sont ensuite modulés par différents modules, typiquement :

- un **VCO** (***V**oltage **C**ontrolled **O**scillator*) : génère la forme d'onde à la base du son. La valeur tonale du son (hauteur) est commandée par la tension ;
- un **VCF** (***V**oltage **C**ontrolled **F**ilter*) : permet de "sculpter" le son ;
- un **VCA** (***V**oltage **C**ontrolled **A**mplifier*) : permet contrôler le volume sonore du son.



Le synthétiseur : diagramme synoptique

Votre synthé comprendra différents modules représentés sur la figure ci-dessous (**en rouge les modules analogiques** et **en bleu les modules numériques**) :



Le bloc VCO composé d'un NE555 en astable (voir TP8) permet de générer un signal rectangulaire de fréquence et de rapport cyclique contrôlés. La fréquence de ce signal définit la fréquence du son émis par un haut-parleur branché en aval du circuit. A chaque touche du clavier est branché en série une résistance de valeur choisie afin d'en associer une fréquence correspondant à une note parmi {DO, RE, MI, FA, SOL, LA, SI, DO}.

Proposition de circuit :

The circuit diagram shows a 741 op-amp configured as a voltage follower. The non-inverting input (pin 3) is connected to a voltage divider network consisting of resistors R_{b8} through R_{b2} and switches SW_1 through SW_7 . The inverting input (pin 2) is connected to the output (pin 1) and a feedback network of resistors R_a and R_{b1} . The op-amp is powered by a 5V supply (pin 4) and ground (pin 5). Two $0.1\mu F$ capacitors, C_1 and C_2 , are connected to pins 6 and 7 respectively. The output (pin 1) is connected to an 8Ω speaker through a $10\mu F$ capacitor C_3 .

Important

⚡ Vous devez maîtriser le circuit proposé (impact de la valeur de chaque composant) et présenter des résultats montrant que cela fonctionne (comparaison entre la théorie et des simu. Proteus).

Important

⚡ Vous devez maîtriser le circuit proposé (impact de la valeur de chaque composant) et présenter des résultats montrant que cela fonctionne (comparaison entre la théorie et des simu. Proteus).

Le VCO (2 / 5)

Exigences techniques

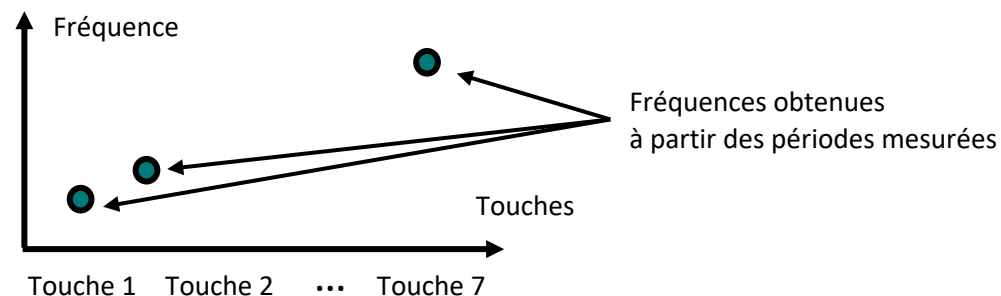
ET1.1 Les fréquences des notes du VCO doivent être audibles.

Après avoir fait des recherches sur le NE555 en astable (qui sera revu en TP), vous présenterez les valeurs des composants pour chacune des touches, et vous calculerez la fréquence associée avant de l'associer à une note (il est possible que vous ne trouviez pas Do, Ré, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do). Le potentiomètre R_{b1} pourra être remplacé par une résistance fixe de valeur $10\text{ k}\Omega$.

Touche	1	2	...	7
R_1 [k Ω]				
R_2 [k Ω]				
C [μ F]				
f [Hz]				
Note				

Deux courbes de résultats seront attendues :

- Une faite à partir de ce que vous donnent des simulations Analogue Analysis sur Proteus ;
- Une autre faite à partir du (vrai) circuit et d'un oscilloscope.

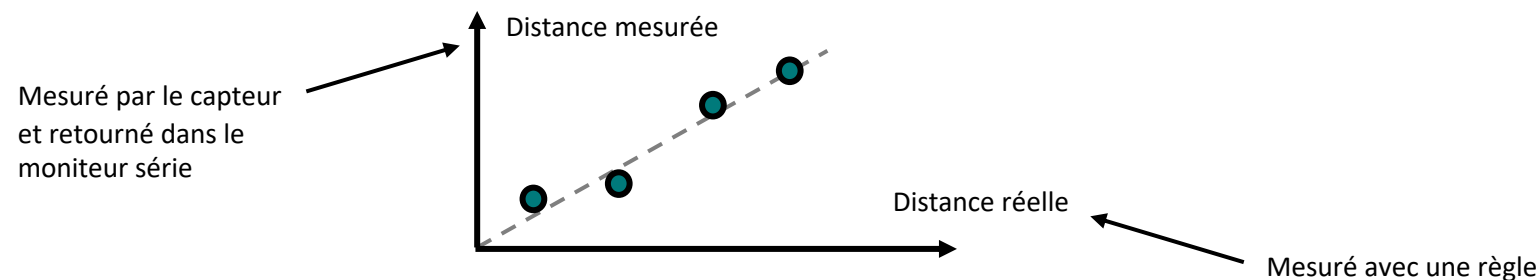


Le VCO (3 / 5)

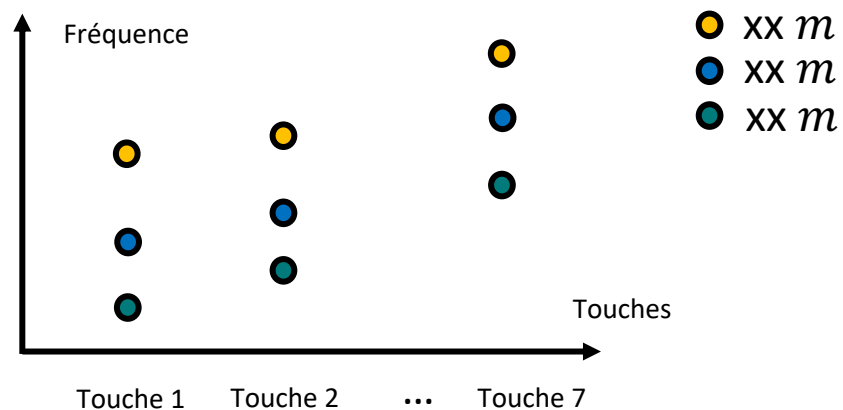
ET1.2 La hauteur des notes (fréquence) doit être configurable à la manière d'une thérémine.

Pour ce faire, on remplacera le potentiomètre R_{b1} par un capteur de distance à ultrason. Ce dernier devra habilement remplacer la résistance du circuit proposé (blinder les valeurs min et max retournées par le capteur pour que le comportement soit le même que le potentiomètre R_{b1} initial.

Une courbe de calibration du capteur est attendue, vous devrez connaître la plage de mesure de votre capteur.



Et vous devrez à nouveau mesurer les fréquences des notes jouées pour trois distances différentes. Les points de mesure seront présentés sur le même graphique.

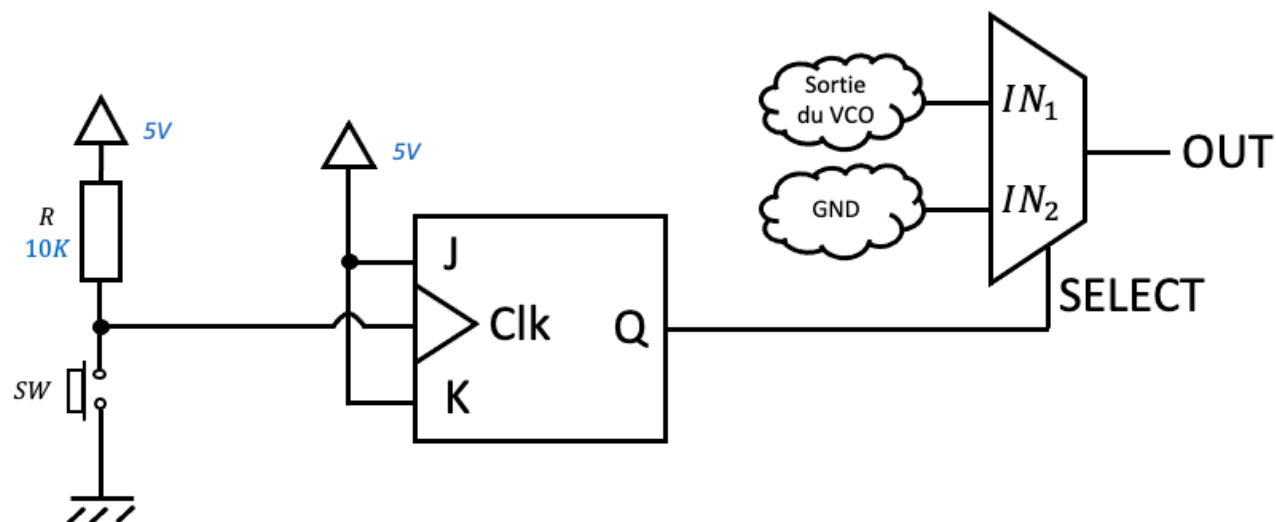


Le VCO (4 / 5)

Le bloc "Activation / désactivation du synthétiseur" permet d'activer ou de désactiver le synthétiseur. Son mode de fonctionnement est gardé en mémoire à l'aide d'une bascule JK montée en mode *Toggle*: à chaque appui sur le bouton, on modifie l'état de sortie de la bascule et cet état pilote le bit de Select du multiplexeur dédié. Par exemple, si le synthétiseur est initialement éteint (multiplexeur reliant sa sortie à la masse) et que l'on appuie sur le bouton, la sortie de la bascule change d'état (et est mémorisé) et le multiplexeur route alors sa sortie à la sortie du VCO.

ET1.3 On doit pouvoir à tout instant activer / désactiver le VCO

Pour ce faire, on propose le circuit suivant :



À vous d'étudier ce circuit en vue de le maîtriser, de le simuler sur Proteus et de le câbler afin de mettre en évidence son bon fonctionnement.

Le VCO (5 / 5)

Questions que l'on pourrait vous poser à la soutenance (liste non exhaustive) :

- ⚡ Comment règle-t-on la fréquence du son ? Quel est l'impact de R_{b1} ? À quoi sert R_a ?
- ⚡ Quelle est la plage de fréquence audible par l'humain ? Quelle est la plage de fréquence générable par l'Arduino ?
- ⚡ Comment fonctionne la fonction tone, expliquer à l'aide d'un schéma (division d'horloge) ? Comment peut-on l'utiliser ?
- ⚡ Comment fonctionne le NE555 en astable ? Quels sont les différents paramètres ajustables, quels sont leurs effets ?
- ⚡ Quelle est l'erreur de mesure de vos courbes ?
- ⚡ Quelle est la plage de mesure du capteur à ultrason ?
- ⚡ Comment fonctionne le circuit ON / OFF ? Peut-on remplacer la bascule JK par un autre type de bascule ? Si oui, comment ? À quoi sert la résistance R ? Comment l'appelle-t-on ?

Le métronome (1 / 2)

Un métronome permet de "donner le rythme" à l'utilisateur.

La fréquence de ses battements est calculée par la carte Arduino et affichée sur un écran OLED.

Un potentiomètre permet de régler la fréquence.

Exigences techniques

ET2.1 La fréquence de battement du métronome est réglable de 0 à 200 BPM et affiché en grands caractères.

Pour ce faire, vous pouvez utiliser un potentiomètre et un écran OLED.

ET2.2 La fréquence de battement du métronome doit avoir au maximum une erreur de 3%.

À vérifier à l'oscilloscope.

ET2.3 La fréquence du son émis par le métronome est réglable.

Pour ce faire, vous pouvez utiliser un potentiomètre.

ET2.4 L'implémentation du métronome repose sur des fonctions d'interruption sur Timer.

Afin d'implémenter les interruptions sur timer, vous pouvez par exemple utiliser la bibliothèque disponible sur <https://github.com/kiryanenko/SimpleTimer>.



Le métronome (2 / 2)

Questions que l'on pourrait vous poser à la soutenance (liste non exhaustive) :

- ⚡ Quelle est la différence entre une fonction d'interruption et une fonction classique ?
- ⚡ Qu'est-ce qu'une interruption sur timer ? Comment cela fonctionne-t-il ?
- ⚡ Quelles sont les fréquences que peuvent émettre le métronome (quelle précision) ?
- ⚡ Comment avez-vous vérifié la précision de 3% (**ET2.2.**) ? Quels résultats obtenez-vous ?
- ⚡ Quel est l'impact de l'activation du métronome sur l'exécution du code du reste du projet ?
- ⚡ Qu'est-ce qu'une interruption externe ?



L'interface graphique

Enfin, la carte Arduino mesure la fréquence du son émis par le VCO, et l'envoie à une interface graphique Processing. Cette interface présente le clavier d'un (vrai) piano et renseigne sur la touche enfoncée et la fréquence du son en vue de le réémettre depuis l'ordinateur.

Exigences techniques

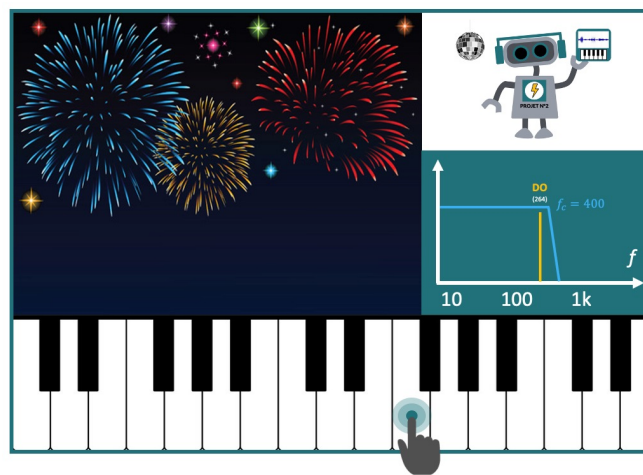
ET3.1 Le système doit être capable de mesurer la fréquence du signal émis par le VCO.

Pour ce faire, vous pouvez par exemple diviser le nombre de fronts montants qui ont lieu durant 100 ms à partir du premier front détecté sur une pin dédiée (interruption externe).

ET3.2 Une interface graphique sur ordinateur affiche la fréquence de la note jouée, son nom et propose une animation à l'utilisateur (au minimum un clavier de piano mettant en évidence la touche enfoncée).

Pour ce faire, reportez-vous au dernier TP d'électronique numérique.

Exemple de réalisation possible :



Le cycle en V : rappel

Que doit faire le produit ?



Comment doit-il être fait ?



Comment sont faites chaque briques ?



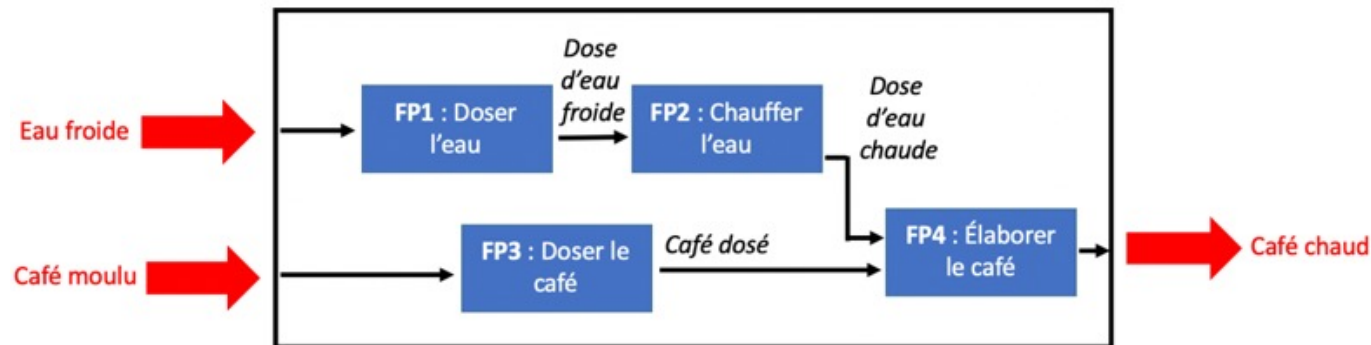
Travail demandé (1 / 2)

① **Étude documentaire** : répondre aux questions suivantes de façon **synthétique** (figures légendées incluses) :

- Histoire du synthétiseur : rôle qu'il a joué dans le développement de la musique électronique [2 pages maximum]
- Fonctionnement d'un buzzer et utilisation [1 page maximum]
- Gamme naturelle de Zarlino (possibilité de s'inspirer de <https://medias.audiofanzine.com/files/gamme-de-zarlino-479675.pdf>) [1 page maximum]
- Fonctionnement et réglage d'un NE555 en astable [2 pages maximum]
- Filtre analogique contrôlé en tension (VCF) [2 pages maximum]

② **Conception** :

- Résumer les exigences techniques dans un tableau et établir un plan de test pour chacune d'entre elles.
- Proposer une architecture fonctionnelle **Important** : Soignez vos diagrammes, ils seront à présenter en soutenance
- Exemple pour une machine à café :



Quelques consignes à respecter :

- chaque bloc représente une fonction, elle-même résumée en un verbe à l'infinitif ;
- il s'agit d'une conception fonctionnelle, les choix techniques ne sont pas encore fait donc il ne faut pas faire figurer de mot technique (AOP, Arduino, etc.) ;
- un diagramme fonctionnel se lit de gauche à droite, pas de flèche montante ou de droite à gauche.



Travail demandé (2 / 2)

- Établir une architecture système (circuit sur Proteus exporté sur fond blanc ou schématique sur KiCAD, voir les slides sur le rapport dans la page La Toolbox pour les choses à ne pas faire)
- Proposer un algorithme du programme du projet (utiliser <https://online.visual-paradigm.com/fr/diagrams/features/block-flow-diagram-tool/> si besoin)

③ Développement :

- Développer les différents modules

④ Intégration :

- Intégrer les différents modules dans le projet final

Important : Ne négligez pas cette étape.

Même si tous les modules fonctionnent, il va vous falloir un certain temps pour tout faire fonctionner dans un même projet !

⑤ Test et validation :

- Conformément au plan de test établi en étape 2, tester et valider les différentes exigences techniques. Avoir des preuves concrètes (à mettre dans le rapport) qu'elles sont validées. Ces mêmes courbes seront les résultats à montrer en soutenance.

⑥ Rédaction du rapport

Voir slides « commenter rédiger un rapport » sur Boostcamp :

https://boostcamp.omneseducation.com/pluginfile.php/2923322/mod_resource/content/1/RAPPORT.pdf

⑦ Préparation de la soutenance

Voir slides « commenter préparer une soutenance » sur Boostcamp :

https://boostcamp.omneseducation.com/pluginfile.php/2923323/mod_resource/content/1/SOUTENANCE_PRJ.pdf



Déroulement de la soutenance



8 min

① Présentation orale

But : être capable de synthétiser 5 semaines de travail sur le projet

- Diaporama obligatoire
- 8 min pour convaincre
- **Pas un résumé du rapport**
- **Présenter des schémas électriques, des alogorigrammes, des courbes de résultats et les tests.**



- **Tester le projecteur la veille**
- **S'entraîner pour être pertinent et tenir les temps**
- **Apporter un adaptateur USB C – HDMI si nécessaire**
- **Être prêt à commencer en entrant dans la salle (ordinateur allumé et prêt à être branché)**



4 min

② Démonstration

But : s'assurer des performances du système

- Démonstration de la maquette
- Validation par le jury



6 min

③ Discussion

But : s'assurer de la bonne compréhension des briques du projet

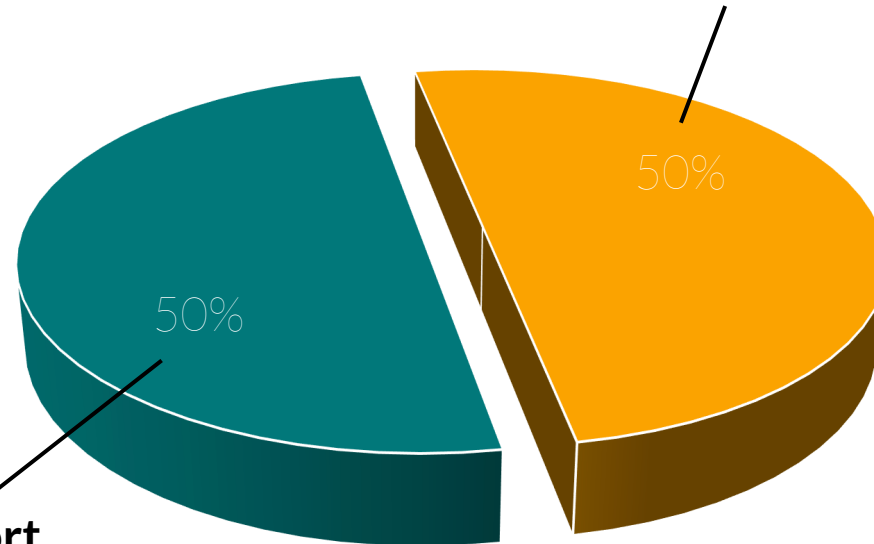
- Questions sur le projet
- Anticiper des questions et prévoir des slides de back up



Un projet parfaitement fonctionnel n'aura la note maximale que s'il est correctement présenté. Voir ppt « Comment préparer une soutenance »

Notation

Soutenance
Voir le document « **Comment préparer une soutenance** » sur « La Toolbox »



Rapport
Voir le document « **Comment rédiger un rapport** » sur « La Toolbox »



Obligation d'utiliser le template de rapport de la page Moodle « La Toolbox »
Voir le document « Le pôle électronique » pour le plagiat et la gestion des retards.



CLIP VIDÉO : -2, 0, +1, +2 ou +3 sur la note de rapport en fonction de vos réalisations (note de soutenance saturée à 20)



la notation sera exigeante et peut vous faire perdre des points si le rendu n'est pas sérieux.



Notation de la soutenance (1 / 2)

Intitulé	Note maximale	Critères de réussite
Forme	2 pts	Figures légendées et renvoi aux figures Orthographe Qualité des figures Axes et graduations claires sur les graphiques Pas de code mais des algorigrammes
Objectif, contexte, problématique, sources, annexes	-1 à 0 pt	Voir <i>template</i>
Maitrise de la technique	2 points	Qualité des explications techniques Explications claires, maîtrisées et véridiques
Diagramme fonctionnel	1 point	-0,25 par choix technique mentionné
Architecture système	1 point	Présentation d'une schématique claire et bien présentée (pas de masse à l'envers, utilisation de labels (voir tutoriel Proteus) +1
Synthétiseur	1 point	Le circuit arrive à générer des notes en appuyant sur les boutons +1
	1 point	Maîtrise du fonctionnement du NE555 +1
	1 point	Courbe de résultat : fréquence et note pour chaque touche +1
	1 point	Mise en évidence du bon fonctionnement de l'ajustement de la fréquence à l'aide du capteur à ultrason et explications +1



Notation de la soutenance (2 / 2)

Intitulé	Note maximale	Critères de réussite
Métronome	2 points	Courbe de calibration du capteur à ultrason et maîtrise de l'erreur +1 Possibilité de changer la hauteur des notes à l'aide du capteur +1
	3 points	Métronome fonctionnel utilisant des interruptions sur timer +1 Explication des interruptions sur Timer +0,5 Potentiomètre pour choisir la fréquence en BPM +0,5 Potentiomètre pour choisir la fréquence des bips +0,5 Affichage sur l'écran OLED +0,5
Interface graphique	2 points	Expliquer correctement le recours aux fonctions d'interruption +0,5 le procédé utilisé pour mesurer la fréquence du son +0,5 Courbe de résultats mettant en évidence l'erreur de mesure +1
	3 points	Réception de la fréquence sur l'interface graphique et affichage de la fréquence +1 Animation du clavier +1 Belle interface graphique jusqu'à +1
Qualité de la maquette	1 points	Maquette soignée Être souple sur la notation de ce point : au moins 0,5 à tout le monde sauf cas extrêmes



Notation du rapport

Intitulé	Note maximale	Critères de réussite
Forme	2 pts	Figures légendées et renvoi aux figures Orthographe Qualité des figures Axes et graduations claires sur les graphiques Pas de code mais des algorigrammes
Objectif, contexte, problématique, sources, annexes	-1 à 0 pt	Voir <i>template</i>
Recherche documentaire	2 pt	
L'équipe et diagramme de GANTT	1 pt	Les tâches sont bien réparties et bien ventilées dans le temps Diagramme clair
Conception	3 pts	Architectures fonctionnelle (pas de nom de composant !), matérielle et logicielle digne d'un professionnel
Développement	6 pts	Qualité des explications techniques Aboutissement technique des différents modules Parler de la gestion des mémoires et du protocole I2C
Tests et validation	4 pts	Tests unitaires (courbes) pertinents et fonctionnels
Bilan	2 pts	État d'avancement du projet Pertinence et limites de la solution technique Bilan sur le travail d'équipe
Rapport en LaTeX	1 pt	Exceptionnellement, un bonus de 1 point pour rédiger le rapport en LaTeX
Non utilisation du template	-2 pts	-2 pts pour non utilisation du <i>template</i> ou modification trop importante (police trop fantaisiste, taille de caractère trop grande, plan trop modifié, etc.)
Format .PDF	-2 pts	Rapport remis dans un autre format que .PDF



Le clip vidéo

Trois catégories :

- Clip fidèle au clip original de Rectangle – Jacno (possibilité d'utiliser la bande son originale)
- Vidéos créative mettant en scène votre propre mélodie et en avant votre synthé.
- Vidéo pédagogique présentant les aspects techniques de votre projet.

Contraintes :

- Vidéo de 2 minutes
- Objet de la vidéo respecté (ce n'est pas une vidéo de danse Tiktok...)

Livrable : lien de votre vidéo Youtube (possibilité de la mettre en non répertoriée) + noms et prénoms + groupe

Le rendu se fera par le biais d'un gform.

Notation : **-2** (travail non remis ou pas sérieux), **0** (travail correct mais un peu maladroit), **+1** (suffisamment bien pour mériter un bonus), **+2** (très bien) ou **+3** (exceptionnel) sur la note de rapport.



Projet d'électronique n° 2
LE SYNTHÉ.