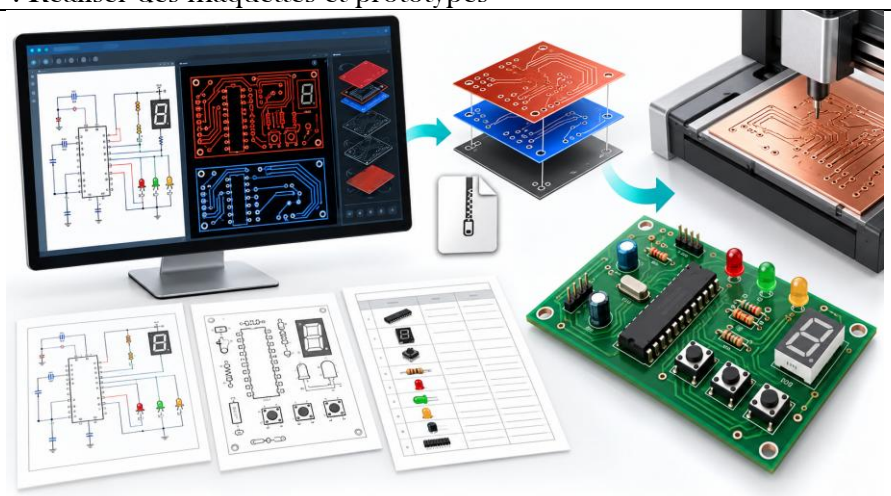
2nde BAC Pro CIEL	Dossier de fabrication	
		 Année 2026/2027

Nom		
Prénom		
Date		
<u>Matériel</u> <u>Outillage</u> 	⇨ Proteus	<u>Durée</u> : 3H 
<u>Travaux à réaliser</u> 	⇨ Génération du dossier de fabrication	
<u>Pôle d'activité :</u> Réalisation et maintenance de produits électroniques		
<u>Activités :</u> ⇨ **E1** : Etude et conception de produits électroniques		
<u>Tâches :</u> ⇨ **T2** : Placement et routage d'une carte électronique et génération des fichiers de fabrication		
<u>Compétences :</u> ⇨ **C03** : Participer à un projet ⇨ **C07** : Réaliser des maquettes et prototypes		
		
Lorsque le logo  apparaît, il est indispensable d'appeler l'enseignant pour vérification.		

A. Compétences

C01	**COMMUNIQUER EN SITUATION PROFESSIONNELLE (ANGLAIS/FRANÇAIS)**	
	La présentation (typographie, orthographe, illustration, lisibilité) est soignée et soutient le discours avec des enchaînements cohérents	
	La présentation orale (support et expression) est de qualité et claire	
	L'argumentation développée lors de la présentation et de l'échange est de qualité	
	L'argumentation tient compte des éventuelles situations de handicap des personnes avec lesquelles il interagit	
C03	**PARTICIPER A UN PROJET**	
	Les rôles et tâches de chacun sont identifiés ; le cas échéant, les besoins spécifiques des personnes en situation de handicap sont pris en compte	
	Le planning prévisionnel est compris	
	Le suivi du projet est respecté	X
	L'espace collaboratif est correctement utilisé	
C04	**ANALYSER UNE STRUCTURE MATÉRIELLE ET LOGICIELLE**	
	Le besoin est identifié ainsi que les ressources matérielles, logicielles et humaines	
	Les logiciels d'analyse et de tests sont utilisés selon les procédures de traitement d'incidents	
	Les informations nécessaires sont extraites des documents réglementaires et/ou constructeurs	
	Les indicateurs de fonctionnement sont interprétés	
	Les fiches de test ou d'intervention sont renseignées	
C06	**VALIDER LA CONFORMITÉ D'UNE INSTALLATION**	
	Les exigences du cahier des charges sont respectées	
	Les tests sont effectués	
	Les résultats attendus sont vérifiés	
	La procédure de test est respectée	
C07	**RÉALISER DES MAQUETTES ET PROTOTYPES**	
	Le placement et routage sont conformes au cahier des charges	
	La génération des fichiers de fabrication du PCB est conforme aux attentes	X
	Le PCB est réalisé, contrôlé et conforme aux IPC (tolérances mécaniques, finition de surface, propreté, ESD etc.)	
	Les composants sont conformes à la nomenclature (marquage, étiquetage)	
	La nomenclature des composants est respectée	X
	Le brasage de la carte est conforme à la nomenclature et aux IPC	
	Les contraintes liées aux impacts environnementaux sont intégrées	
	Le contrôle visuel de la carte assemblée est conforme au dossier de fabrication	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	
C08	**CODER**	
	Les environnements de développement et de test sont mis en oeuvre en tenant compte des contraintes de fonctionnalités et de sécurité	
	Le module logiciel est débogué et syntaxiquement correct	
	Les composants logiciels individuels sont développés et testés conformément aux spécifications du cahier des charges et des bonnes pratiques	
	La solution (logicielle et matérielle) est intégrée et testée conformément aux spécifications du cahier des charges et des bonnes pratiques	
	Le code est commenté et le logiciel est documenté	
C09	**INSTALLER LES ÉLÉMENTS D'UN SYSTÈME ÉLECTRONIQUE OU INFORMATIQUE**	
	L'ensemble des éléments pour l'installation du système est complet et vérifié par rapport au cahier des charges	
	Les éléments du système sont installés et raccordés selon une procédure	
	La configuration est réalisée	
	La mise en service est réalisée	
	L'état de l'installation est renseigné de manière écrite ou orale	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	
C10	**EXPLOITER UN RÉSEAU INFORMATIQUE**	
	Les alertes et problèmes rencontrés sont renseignés	
	Les différents éléments d'un réseau ou d'un système à partir d'un schéma fourni sont identifiés	
	La mise à jour des équipements (iOS, OS, logiciel, firmware) est effectuée	
	Les optimisations nécessaires sont effectuées	
C11	**MAINTENIR UN SYSTÈME ÉLECTRONIQUE OU RÉSEAU INFORMATIQUE**	
	L'intervention est préparée	
	Le dysfonctionnement est constaté	
	La maintenance ou la réparation est réalisée	
	La fiche d'intervention est correctement renseignée	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	

Nature de complexité de l'activité

Découverte	X
Intermédiaire	
Bac Pro	

B. Mise en contexte

Vous êtes technicien(ne) en électronique au sein de l'entreprise ABElectronik, spécialisée dans la conception et la fabrication de systèmes électroniques.

Lors de vos précédentes interventions, vous avez réalisé le schéma électronique, effectué le placement des composants, puis réalisé le routage du circuit imprimé à l'aide du logiciel Proteus.

Le bureau d'études a validé votre conception et souhaite désormais transmettre les informations nécessaires à la fabrication de la carte électronique.

Votre responsable vous confie la constitution du dossier de fabrication. Vous devrez générer les fichiers de production du circuit imprimé, établir la nomenclature des composants et exporter les différents documents techniques permettant sa fabrication, son assemblage et son contrôle.

À l'issue de votre intervention, vous devrez remettre un dossier complet, correctement organisé et exploitable par le fabricant ainsi que par les techniciens chargés de l'assemblage.

C. Problématique

Comment constituer un dossier de fabrication complet et conforme à partir d'un projet Proteus, afin de permettre la fabrication, l'assemblage et le contrôle d'une carte électronique ?



D. Composition du dossier de fabrication

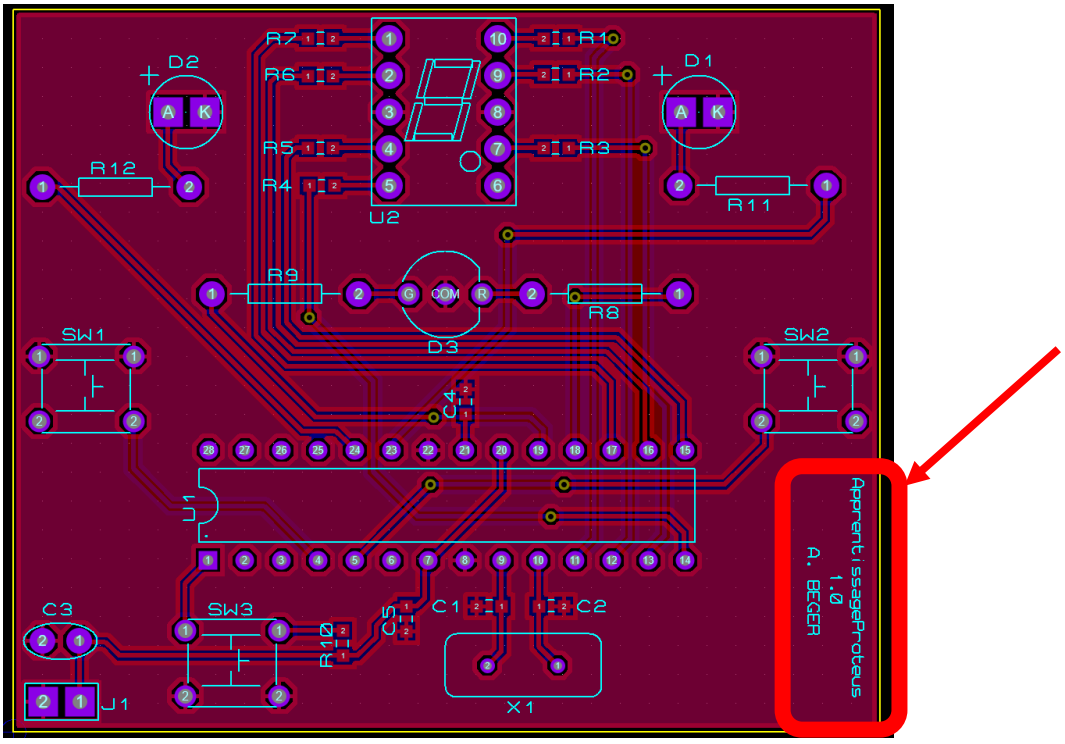
Document	Contenu	Format conseillé
Fichier Gerber/CADCAM	Données nécessaires à la fabrication du PCB et des perçages	ZIP
BOM (Bill Of Materials)	Nomenclature des composants électroniques	CSV ou PDF
Couche TOP COPPER	Vue du cuivre supérieur	PDF
Couche BOTTOM COPPER	Vue du cuivre inférieur	PDF
Schéma électronique	Schéma complet	PDF
Plan d'implantation	Position et référence des composants	PDF
Hardware Software Interface	Interface entrée/sortie du microcontrôleur	CSV ou PDF

E. Préparation (15 min)

Ouvrir votre projet Proteus dont vous avez saisi précédemment le schéma et effectuer le routage du PCB.

Sur un coin de libre de la carte **ajouter** un texte en sérigraphie (TOP SILK) avec le nom du projet et votre nom de famille.

Exemple :



F. Génération des fichiers Gerber (25 min)

Le fabricant de circuit imprimé (PCB) nécessite des fichiers appelés « gerber » afin de réaliser la fabrication de la carte.

Il s'agit d'un plan numérique qui encapsule toutes les données essentielles à la fabrication de PCB selon des critères très spécifiques.

Créé par Gerber Scientific dans les années 1960, c'est un ensemble de fichiers texte ASCII avec chaque fichier représentant une couche distincte du PCB (cuivre, masque de soudure, sérigraphie, etc.). Il contient des informations sur les formes géométriques, les coordonnées X/Y, les largeurs de ligne et les espacements.

Il permet donc de :

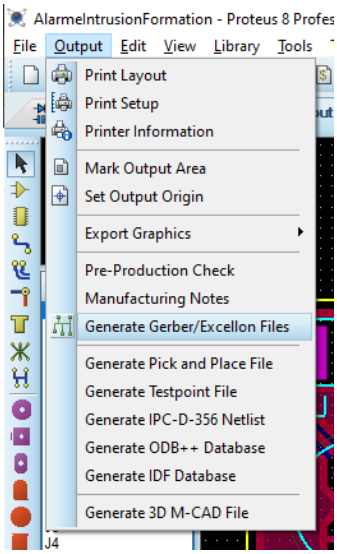
- ⇨ Fournir des instructions précises aux fabricants de PCB :
  - Placement des traces de cuivre.
  - Position des trous de perçage.
  - Application des masques de soudure et de sérigraphie.
- ⇨ Assurer une fabrication précise et cohérente des PCB.
- ⇨ Format universel accepté par la plupart des fabricants de PCB.

L'ensemble de fichier gerber sont les couches de :

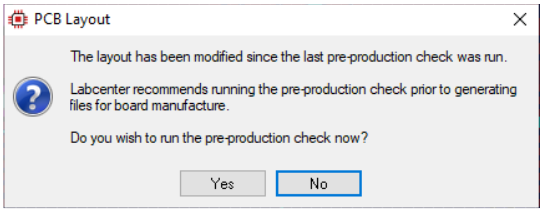
- ⇨ Cuivre (Top et Bottom): Définissent les couches conductrices du PCB.
- ⇨ Masque de soudure (Top et Bottom): Définissent les zones où la soudure est autorisée.
- ⇨ Sérigraphie (Top et Bottom): Définissent les légendes et les marquages sur le PCB.
- ⇨ Perçage: Définissent les positions et les tailles des trous percés dans le PCB.

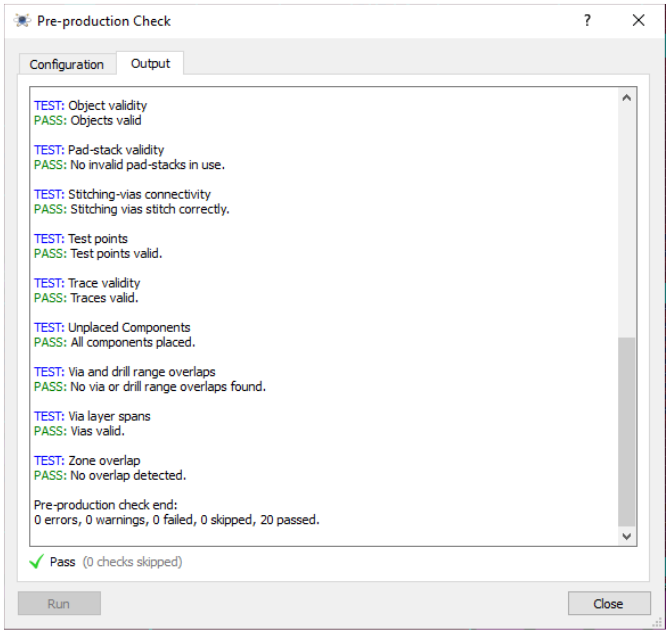
Les fichiers gerber sont standardisés, c'est-à-dire que toute l'industrie de l'électronique la maîtrise et donc accepté par tous les fabricants de PCB. De plus, tous les logiciels de dessin électroniques (CAO – Conception Assisté par Ordinateur) permettent la génération de ces fichiers (Proteus, Eagle, Altium, ...)

Dans l'onglet « PCB Layout », Output → Generate Gerber/Excellon Files



Proteus va vous proposer un contrôle de pré production afin d'effectuer les dernières vérifications d'usage. Valider par Yes.

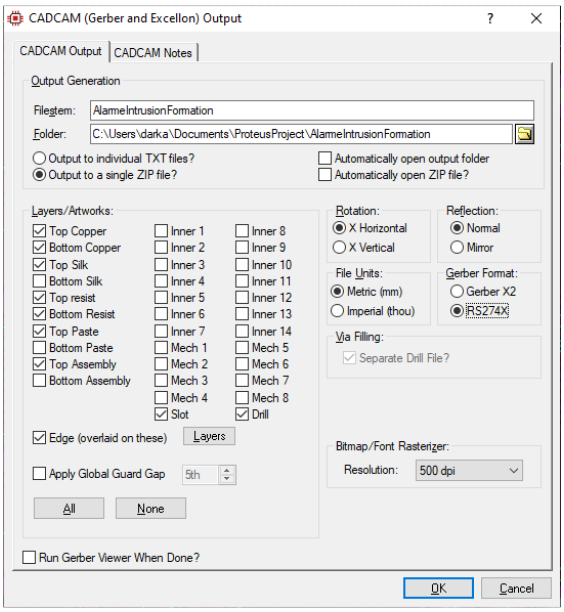




Si tout est OK, vous devriez avoir la fenêtre suivante.

Vous pouvez faire close.

Vous obtenez ainsi la fenêtre :



Filestem : Nom du fichier de sortie

Folder : Chemin du répertoire où sera généré le ou les fichiers

Sélectionner une sortie dans un seul fichier ZIP (« Output to a single ZIP File ») afin d'avoir un seul fichier à fournir au fabricant.

Laisser par défaut les couches proposées par le générateur. Il sélectionne automatiquement toutes les couches utilisées dans votre PCB.

Choisir le format Gerber « RS274X ».

CADCAM est la contraction des mots CAD et CAM :

- ⇨ CAD : Computer-Aided Design (CAO – Conception Assisté par Ordinateur). C'est un logiciel utilisé par le concepteur pour créer un PCB, dans votre cas Proteus.
- ⇨ CAM : Computer-Aided Manufacturing (FAO – Fabrication Assisté par Ordinateur). C'est les logiciels utilisés par le fabricant du PCB qui va interpréter les fichiers Gerber et ainsi contrôler les machines de fabrication.

Vous pouvez cliquer sur « OK » lorsque les modifications nécessaires ont été apportées. Le fichier ZIP sera généré et prêt à être transmis à votre fabricant.

RS274X (Extended Gerber) :

⇨ Standard établi :

RS-274X est la version la plus ancienne et la plus largement utilisée du format Gerber. Il a été développé pour remplacer l'ancien format RS-274D, qui avait des limitations en termes de précision et de fonctionnalités.

⇨ Informations intégrées :

RS-274X intègre les informations nécessaires pour décrire une couche de PCB dans un seul fichier, ce qui simplifie le processus de fabrication. Il inclut des informations sur les ouvertures, les unités et les données. La couche de perçage (Drill) est séparée.

⇨ Limitations :

Bien que RS-274X soit une amélioration par rapport à son prédécesseur, il présente certaines limitations en termes de métadonnées et d'informations supplémentaires nécessaires pour les processus de fabrication modernes.

Gerber X2 :

⇨ Évolution de RS-274X :

Gerber X2 est une évolution directe et améliorée du standard RS-274X. Il ajoute des métadonnées riches et des informations supplémentaires pour améliorer la précision et l'efficacité du processus de fabrication.

⇨ Métadonnées améliorées :

Gerber X2 permet d'inclure des informations supplémentaires, telles que la fonction de chaque couche (par exemple, couche de cuivre supérieure, masque de soudure), les attributs des pads et des vias, et les informations sur l'empilement des couches. Ces métadonnées facilitent l'automatisation des processus de fabrication et réduisent les risques d'erreurs.

⇨ Informations de perçage intégrées :

Gerber X2 peut inclure les informations de perçage directement dans les fichiers Gerber, ce qui élimine le besoin de fichiers de perçage séparés. Cela simplifie encore davantage le processus de fabrication et améliore la précision.

RS-274X est un standard établi et largement utilisé, mais il présente des limitations en termes de métadonnées.
Gerber X2 est une évolution plus récente qui ajoute des métadonnées riches et des informations supplémentaires, ce qui améliore la précision et l'efficacité du processus de fabrication.

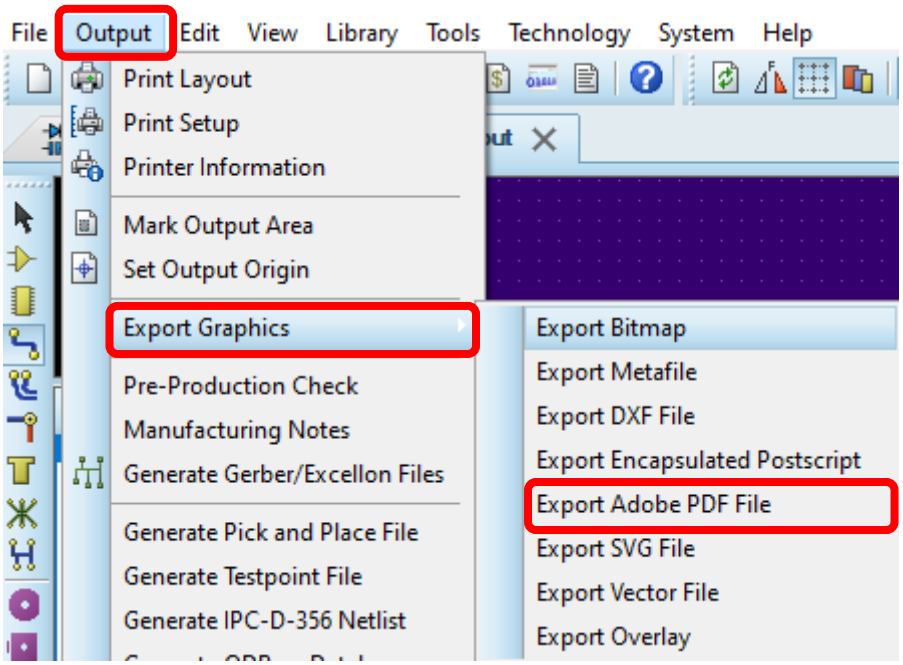
Dans le cadre de notre BAC PRO CIEL, seul le RS-274X est accepté par notre fabricant.

G. Extraction des couches de cuivre (20 min)

1) Couche du dessus

Réaliser l'extraction de la couche de cuivre de dessus de la carte électronique au format pdf.

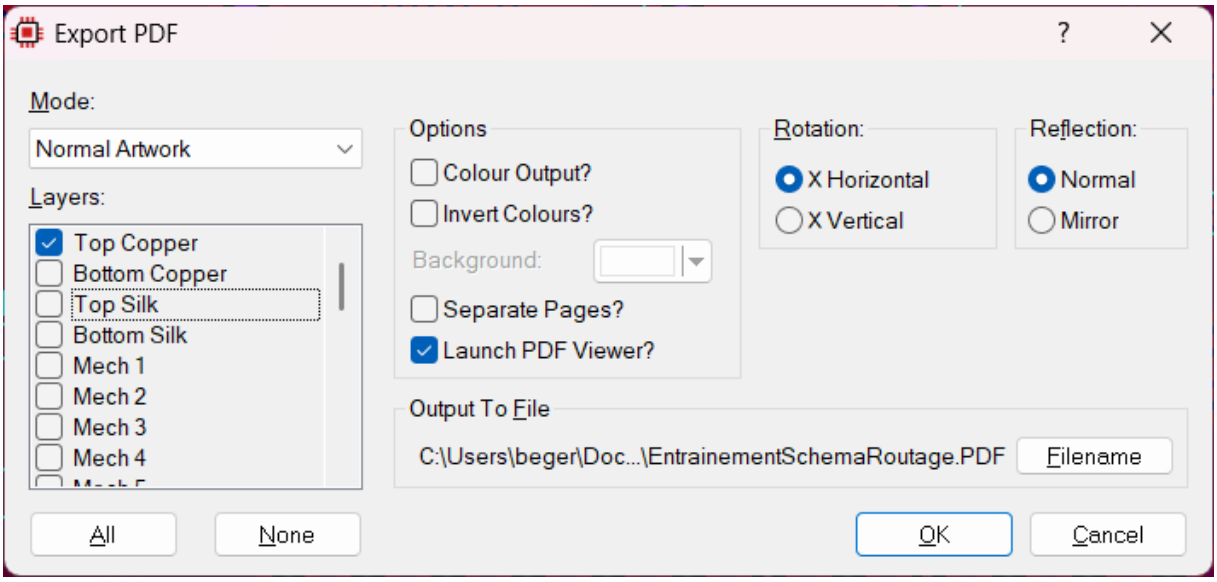
Dans l'onglet « PCB Layout », Output → Export Graphics → Export Adobe PDF File



Pour la couche de cuivre supérieur (Top), sélectionner seulement :

- ⇨ Top Copper
- ⇨ Board Edge
- ⇨ Slot

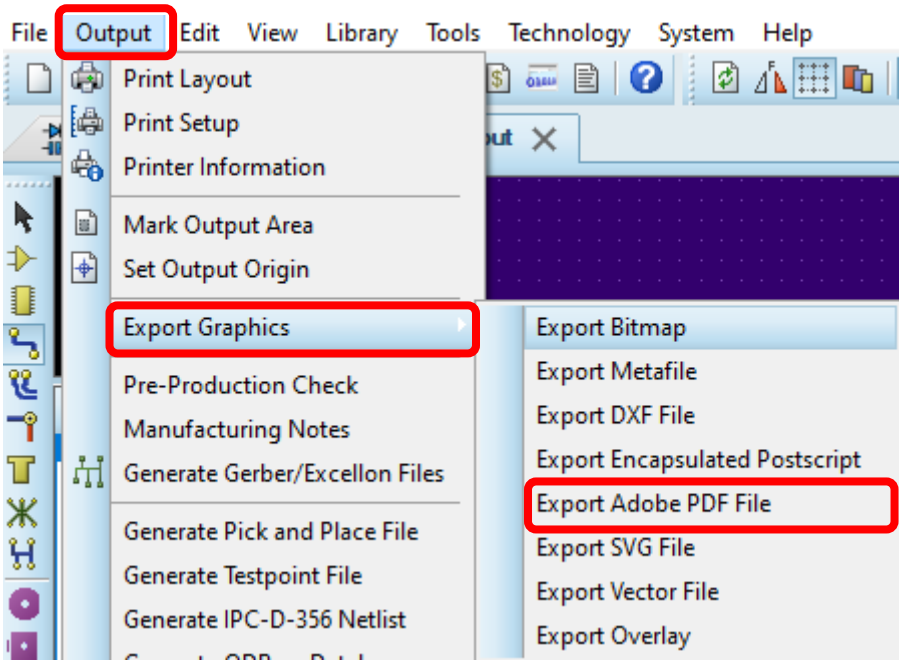
La sortie se trouvera dans votre dossier de projet. Penser à la renommer !



2) Couche du dessous

Réaliser l'extraction de la couche de cuivre du dessous de la carte électronique au format pdf.

Dans l'onglet « PCB Layout », Output → Export Graphics → Export Adobe PDF File

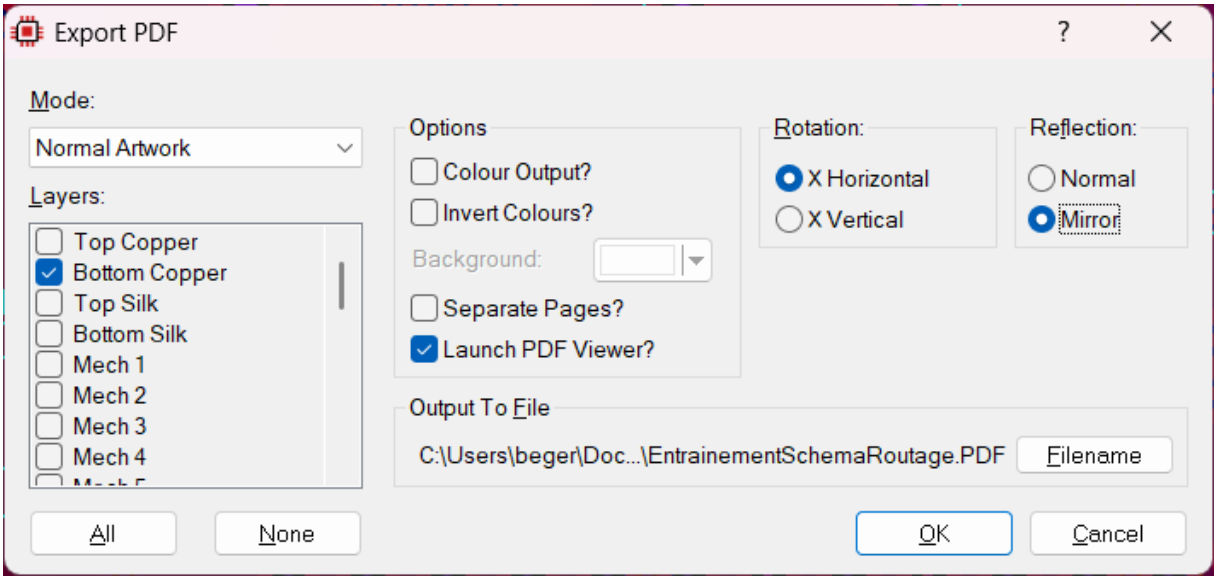


Pour la couche de cuivre inférieure (Bottom), sélectionner seulement :

- ⇨ Bottom Copper
- ⇨ Board Edge
- ⇨ Slot

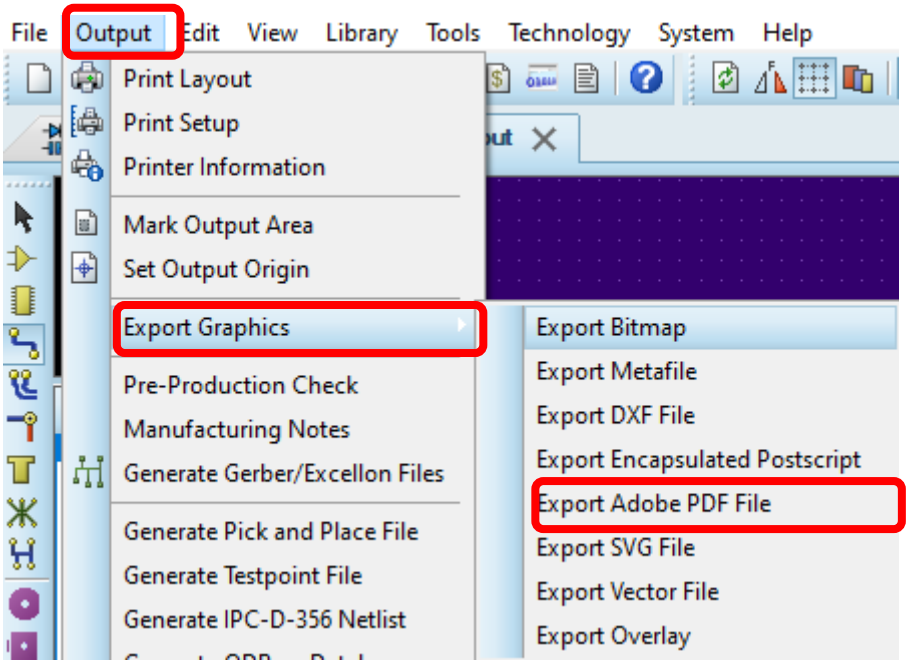
Activer le mode Miroir afin de représenter la couche BOTTOM COPPER telle qu'elle serait observée depuis le dessous du circuit imprimé.

La sortie se trouvera dans votre dossier de projet. Penser à la renommer !



H. Extraction du plan d'implantation (10 min)

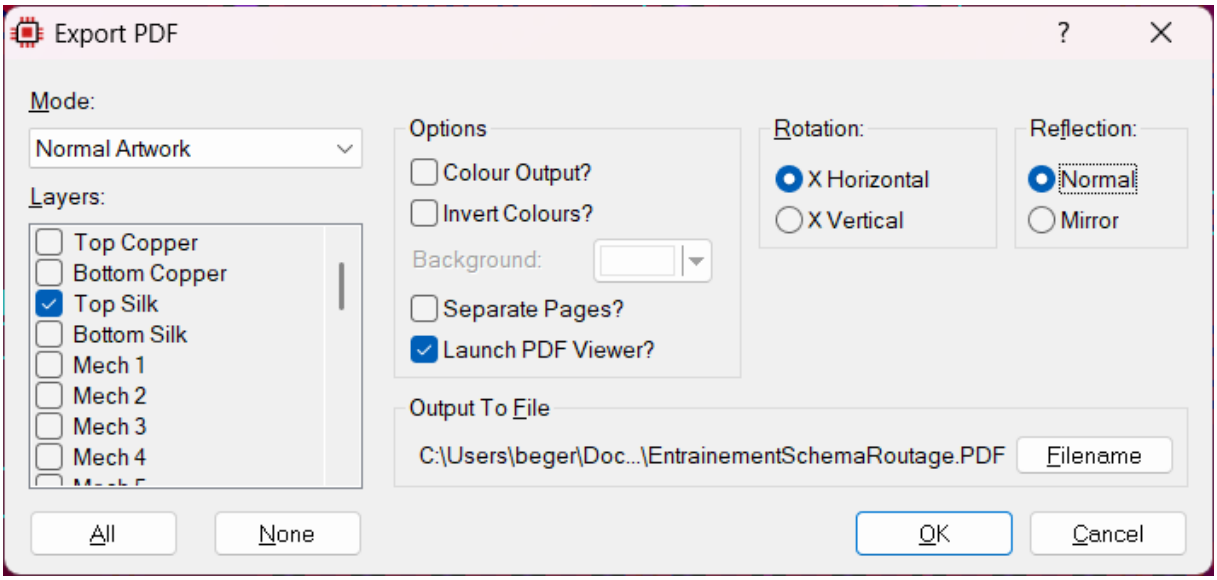
Dans l'onglet « PCB Layout », Output → Export Graphics → Export Adobe PDF File



Sélectionner seulement :

- ⇨ Top Silk
- ⇨ Board Edge

La sortie se trouvera dans votre dossier de projet. Penser à la renommer !

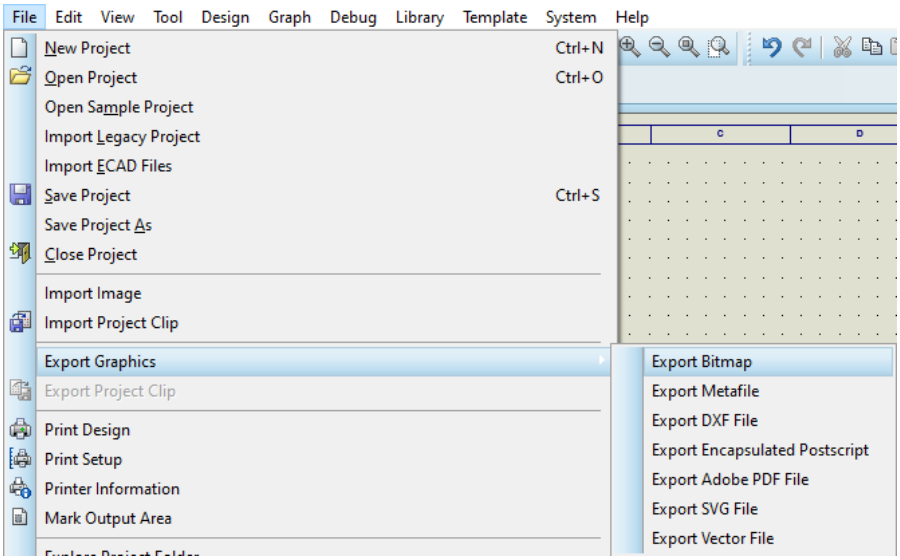


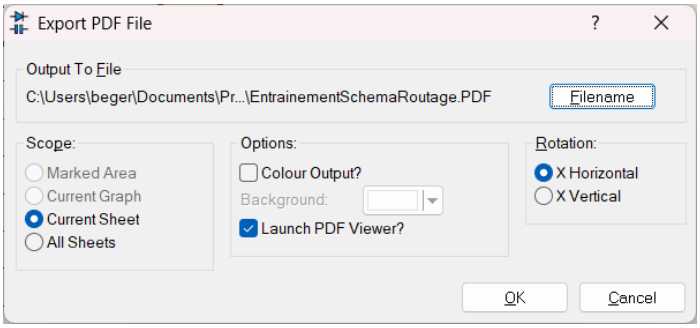
Si des composants se trouvent sur la face Bottom, répéter l'opération en changeant Top Silk par Bottom Silk et appliquer la Reflection Mirror.

I. Extraction de schéma électronique (10 min)

Il faut se rendre dans l'onglet « Schematic Capture ».

Puis File → Export Graphics → Export Adobe PDF File





Current Sheet : Permet d'extraire la page de schéma active

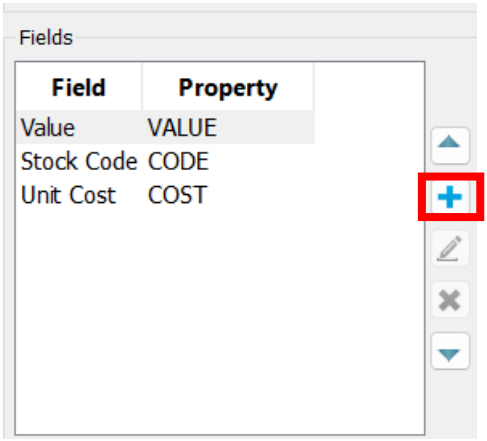
All sheets : Permet d'extraire toutes les pages (cas d'un schéma sur plusieurs feuilles)

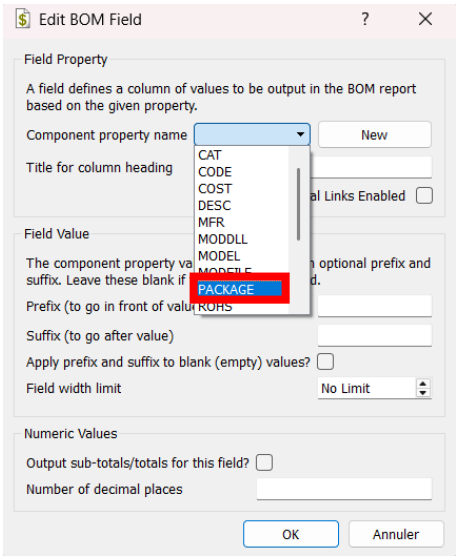
Ensuite, il faut penser à cocher la sortie de fichier et l'image sera dans le répertoire du projet. (Penser à la renommer)

J. Génération de la BOM (30 min)

Afficher la BOM (Bill Of Materials) afin d'avoir un aperçu de la nomenclature. 

Vous pouvez activer l'affichage des package (boitier) :





Ouvrir le fichier « BOM-VIERGE.xlsx »

Compléter les champs « qté », « Ref. Schéma », « Valeur » et « Boitier ».

Exemple :

qté	Ref. Schéma	Valeur	Boitier	Fabricant	Ref. Fabricant	Fournisseur	Ref. Fournisseur	Prix unitaire HT	Prix total HT
8	**RESISTANCES**								
7	R1-R7	220	0603						0,00 €
1	R8	470	0603						0,00 €
									0,00 €

K. HSI (25 min)

La HSI (Hardware Software Interface) est un document qui décrit les correspondances entre les broches du microcontrôleur et les fonctions matérielles du système. Elle facilite notamment le développement du logiciel embarqué et les opérations de maintenance.

Ouvrir le fichier « HSI-VIERGE.xlsx ».

Compléter les différents champs.

Exemple :

Pin	Port	Entrées/Sorties	Type	Signal	Fonction
1	/RESET	Entrée	Numérique	RST_MCU	Remise à zéro du microcontrôleur
4	PD2	Entrée	Numérique	BP_USER	Lire l'état du bouton poussoir USER
5	PD3	Entrée	Numérique	BP_RST	Lire l'état du bouton poussoir RST
11	PD5	Sortie	Numérique	SEG_A	Pilote le segment A de l'afficheur 7 segments



L. Nomenclature (optionnelle)

En fonction de votre avance dans l'activité, vous pouvez aller plus loin et compléter la BOM afin de préparer la future commande des composants.

Si vous êtes en fin de séance, passez à la partie M. Mise en forme du dossier.

Rouvrir la BOM que vous avez complété précédemment (J. Génération de la BOM).

L'objectif est d'aller sur le site des principaux fournisseurs (RS, Farnell, Mouser, etc..) et de chercher les différents composants afin de renseigner les colonnes « Fabricant », « Ref. Fabricant », « Fournisseur », « Ref. Fournisseur » et « Prix unitaire HT ».

Exemple :

qté	Ref. Schéma	Valeur	Boitier	Fabricant	Ref. Fabricant	Fournisseur	Ref. Fournisseur	Prix unitaire HT	Prix total HT
8	**RESISTANCES**								
7	R1-R7	220	0603	PANASONIC	ERJ3EKF2200V	RS	287-630	0,02 €	0,14 €
1	R8	470	Axial	YAGEO	CFR-25JR-52-470R	FARNELL	3951859	0,03 €	0,03 €

M.Mise en forme du dossier (20 min)

Renommer chaque fichier :

TOP-COPPER-DecouverteProteus.pdf	Couche de cuivre du dessus du PCB
BOTTOM-COPPER-DecouverteProteus.pdf	Couche de cuivre du dessous du PCB
IMPLANTATION-DecouverteProteus.pdf	Plan d'implantation
SCHEMA-DecouverteProteus.pdf	Schéma électronique
BOM-DecouverteProteus.pdf	Nomenclature du projet
CADCAM-DecouverteProteus.zip	Fichier Gerber du PCB
HSI-DecouverteProteus.pdf	Le fichier HSI

Compresser l'ensemble de ces fichiers en « NOM-DecouverteProteus.zip » avec NOM votre nom de famille.

N. Livrable

Téléverser l'archive.