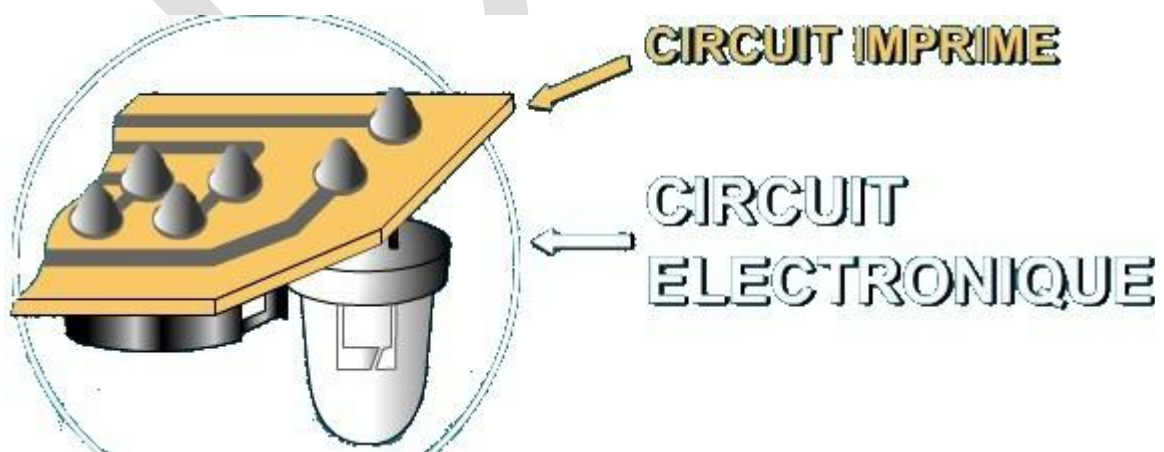


PROTOTYPAGE PCB

SEIF EDDINE NAOUI



Année Universitaire 2020/2021

Chapitre 2 : La conception Assistée par Ordinateur des Systèmes Electroniques

I-Introduction :

Parmi les diverses tâches nécessaires avant la production d'une carte PCB est la conception. La conception est généralement accomplie par l'intervention des logiciels conçus spécifiquement pour cette tâche. Non seulement le logiciel assiste dans le dessin, mais peut aussi mettre à l'épreuve des circuits en reproduisant la fonction du circuit de façon artificielle, éprouvant les mêmes succès ou échecs dont le produit fini pourrait subir.

II. Définition :

La CAO ou La Conception Assistée par Ordinateur, concerne tous les logiciels permettant la réalisation de dessins à partir d'un PC (exemple des logiciels : Altium, Cadence, Cadstar, Orcad, Mentor Graphics, Pcad, ISIS...).

Les outils de CAO de circuits imprimés cités ci-dessus sont désormais capables de traiter une large majorité des cartes. Pour les plus complexes, dotés de plusieurs boîtiers hauts densité, il faut cependant passer à des outils plus évolués.

Aujourd'hui, la quasi-totalité des logiciels de CAO de circuits imprimés professionnels sont capables de router des cartes multicouches, de toutes tailles, intégrant des composants traversants et CMS. Le nombre des couches qu'ils peuvent traiter est quasi illimité.

L'objectif est avant tout de réduire le temps de conception qui est parfois largement plus grevée par la recherche des bons composants et de leur disponibilité, que par le temps de conception (comme par exemple : placement, analyse d'intégrité, routage).

En effet, selon ces besoins et ces contraintes l'ordinateur est l'outil principal pour la conception et la simulation des circuits PCB

III. L'ordinateur dans le domaine de la conception des systèmes électroniques :

L'ordinateur est l'outil de base ou l'élément clé pour la conception des systèmes électroniques. En effet, l'utilisation de l'ordinateur se répartit en trois parties importantes pour la conception des circuits imprimés :

A) IAO :

C'est l'Ingénierie Assistée par Ordinateur pour le développement de produits électroniques prise en compte des spécifications du cahier des charges pour arriver au produit fini optimal répondant à ces spécifications :

- Simulation fonctionnelle
- Qualification
- Optimisation

B) C.A.O :

Conception Assistée par Ordinateur pour l'implantation physique et le routage des cartes.

C) C.F.A.O :

C'est l'Ingénierie Assistée par Ordinateur pour l'étude et le suivi des procédés de fabrication et les tests de circuits imprimés :

- Perçage par machine à commande numérique
- Implantation automatique des composants
- Tests des circuits imprimés

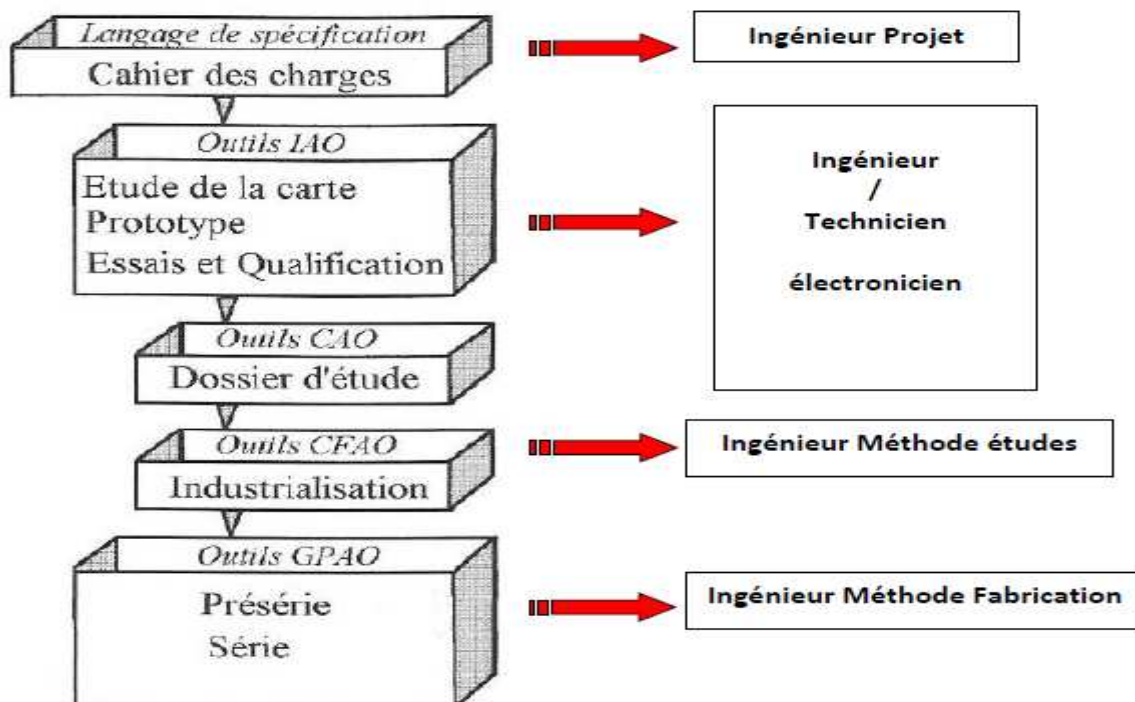
III.1 Cycle de fabrication des systèmes électroniques :

Figure 1: Cycle de fabrication des systèmes électroniques

III.2 Outils de base d'une chaîne d'IAO/CAO :

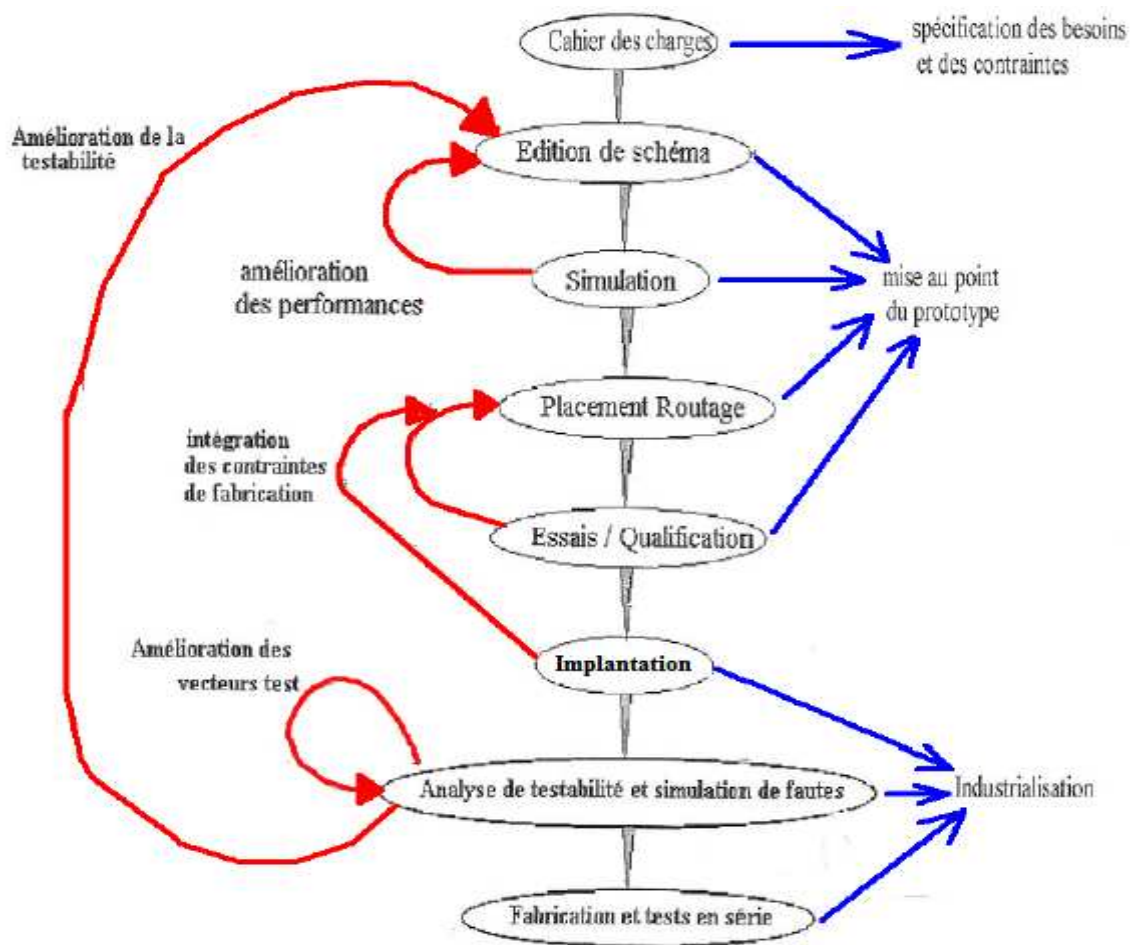


Figure 2: Outils de base d'une chaîne IAO/CAO.

IV. Les différentes étapes de la conception CAO :

1. La Saisie d'un schéma électronique :

Les logiciels de saisie de schéma nous permettent de dessiner les schémas électroniques en posant sur une feuille, des objets tout faits qui représentent les composants que l'on rencontre en pratique (résistances, diodes, transistors, connecteurs, etc) et de les relier ensuite entre eux par des fils de liaison (Figure 3). Certains logiciels de saisie comportent des bibliothèques de composants bien fournies (10000 composants par exemple), d'autres logiciels nous obligeront à créer nous-mêmes quelques composants selon la datasheet ou le circuit interne de ces composants.

Les logiciels professionnels permettent de produire un fichier spécial appelé **Netlist**, qui décrit dans un simple fichier texte, l'ensemble des composants utilisés et les connections effectuées entre eux durant la saisie du schéma. Ce fichier **Netlist** peut ensuite être récupéré par un logiciel de routage, qui sait donc tout de suite quels composants devront être placés sur le circuit imprimé et comment ils devront être reliés entre eux.

2. Simulation :

La simulation permet d'observer le comportement d'un montage électronique, en appliquant des signaux spécifiques à des emplacements "stratégiques", et en regardant la forme des signaux à l'aide d'appareils de mesure virtuels (analyseur de spectre, oscilloscope, voltmètre, analyseur logique, etc).

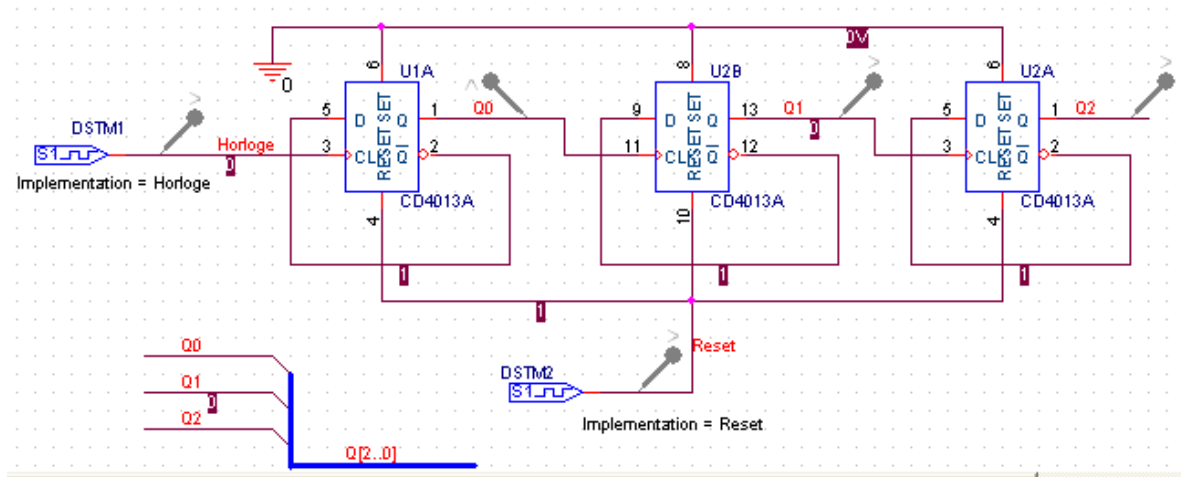
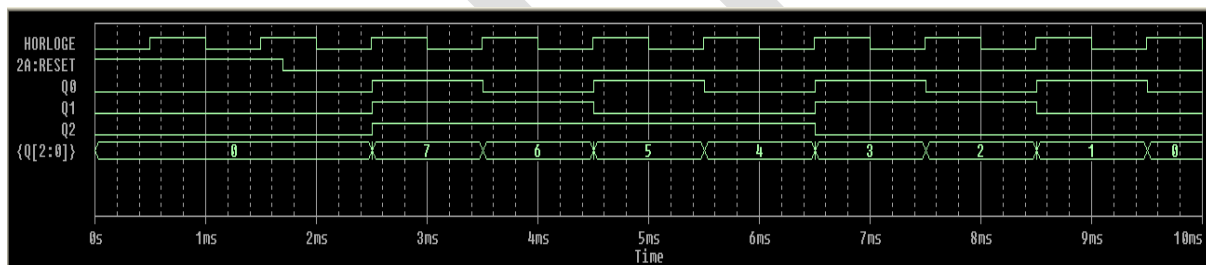


Figure 3 : Montage électronique à base des bascules D



3 Routage:

Le placement des composants et le routage des pistes est l'opération finale qui nous permettra de sortir sur un film transparent notre circuit PCB (Figure 5).

Notons que les opérations de saisie de schéma et de simulation ne sont nullement requises pour pouvoir effectuer le routage, mais elles peuvent apporter un certain confort et une certaine sécurité.

3.1 L'autoroutage :

Est un procédé qui permet un tracé automatique des pistes entre les divers composants. Nous plaçons les composants selon exigences et des contraintes spécifiques et nous lançons le routage automatique qui dessine les pistes les unes après les autres. Le routage des pistes doit répondre à certains critères. L'autoroutage donne en général de bons résultats quand il y a au moins deux couches de cuivre (circuit double face ou multicouches).

3.2 L'autoplacement :

Est un procédé qui permet le placement automatique des composants sur une zone de circuit imprimé préalablement délimitée. L'autoplacement peut concerner tout ou partie des composants de la platine, ce qui permet par exemple de fixer manuellement l'emplacement de certains composants (connecteurs au bord du circuit par exemple).

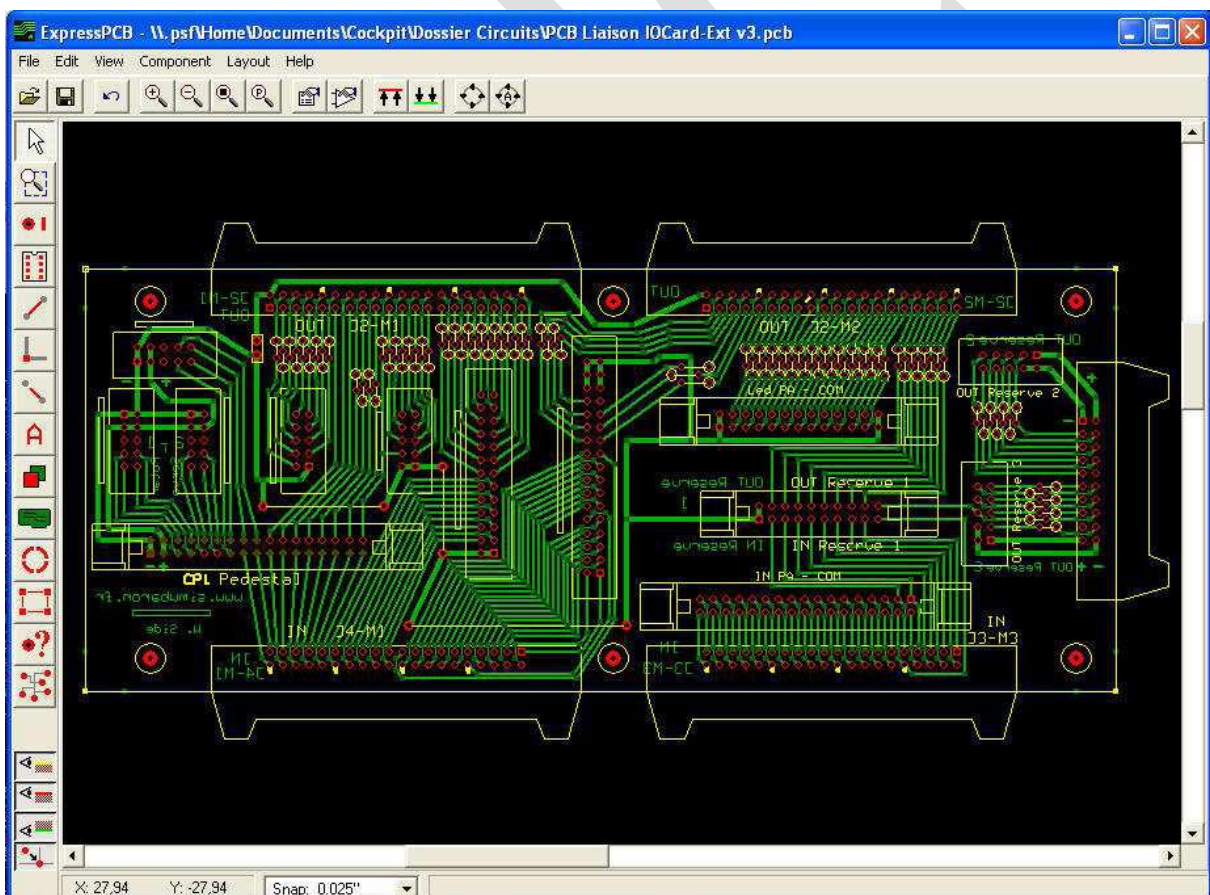


Figure 5 : Autoplacement d'un circuit PCB pour la phase de routage.

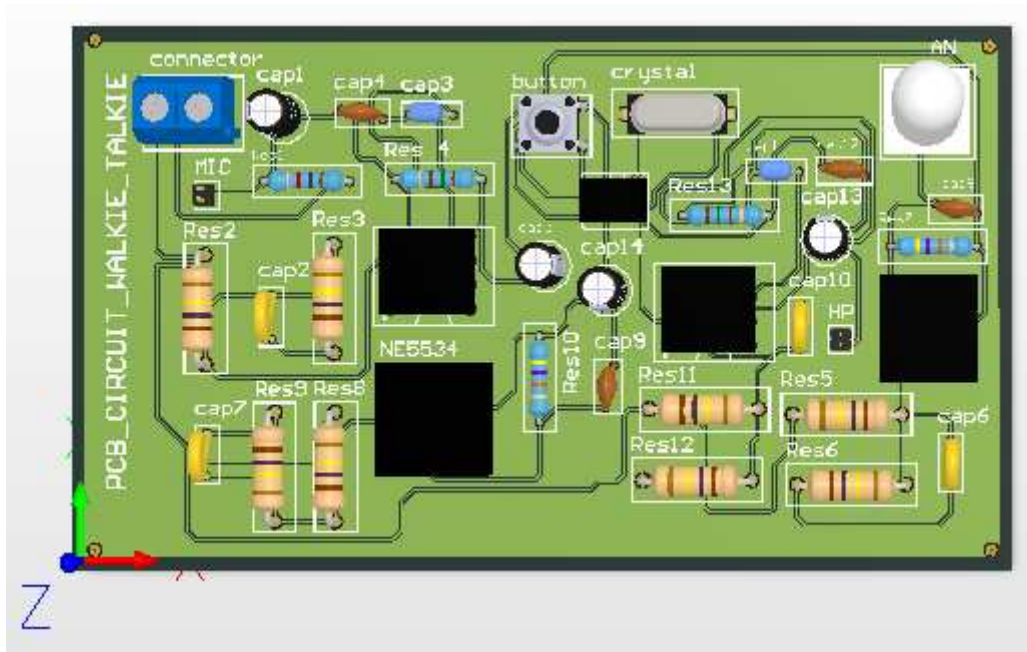


Figure 6 : Modèle tridimensionnel 3D fournit après la phase de routage.

4 Production des fichiers GERBER et NC Drill :

4.1 GERBER :

Lorsque la conception du circuit imprimé est finalisée, il faut transmettre au fabricant les informations au sujet des différentes couches (*layers*) qui définiront notre carte de circuit imprimé. Le format **GERBER** est très utilisé dans l'industrie des circuits imprimés pour la spécification des tirages qui sont réalisés à l'aide d'un photo-traceur. Avant d'être transférés sur la carte, les motifs de chaque couche devront être reproduits sur des médias photographiques. Il peut s'agir de motifs opaques sur pellicule transparente (aussi appelé **positif**) ou le contraire, c'est-à-dire de motifs transparents sur fond opaque (appelé **négatif**) selon le procédé de fabrication (procédé **additif** ou **soustractif**) ou le type de couche (couche pour **signaux**, **bus d'alimentation** ou **plan de masse**). Tous les équipements industriels permettant de générer ces outils ou masques photographiques pour les circuits imprimés utilisent un format de fichier standard appelé **GERBER**.

L'extension du nom des fichiers **GERBER** débute par la lettre G. Voici la liste des fichiers **GERBER** obtenus :

- Fichiers **.GTL** et **.GBL** : pour la description des motifs respectifs des 2 niveaux de conducteurs, soient celui du dessus (Top Layer) et celui du dessous (Bottom Layer) de la carte.
- Fichier **.GTO** : pour les motifs à imprimer sur le dessus de la carte (Top Overlay) s'il y a lieu.

- Fichier **.GDD** : pour les symboles correspondant aux trous à percer (Drill Drawing).

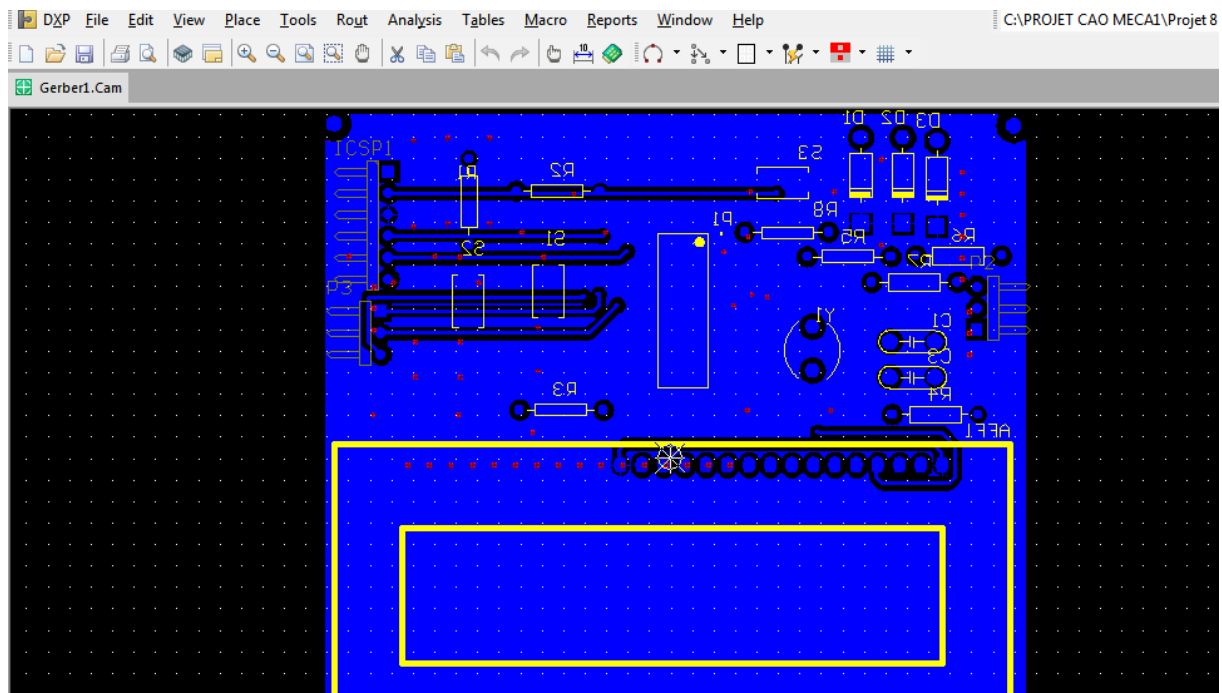


Figure 7 : Modèle Gerber d'un circuit PCB

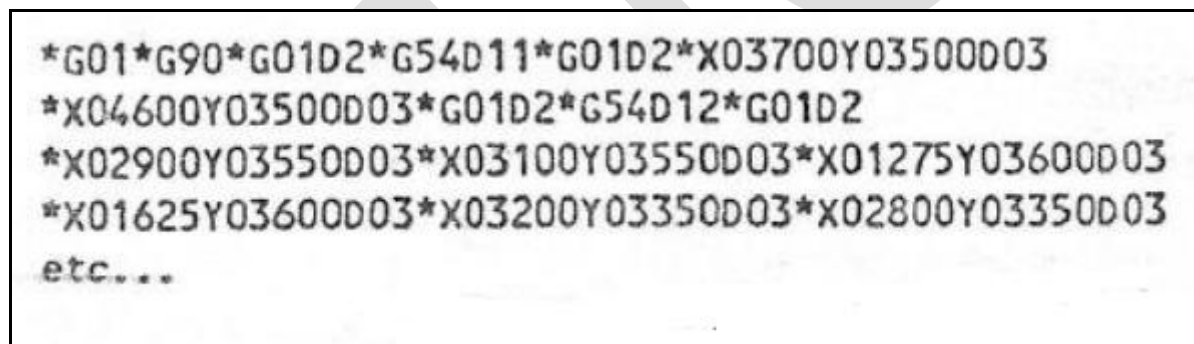


Figure 8 : Exemple d'un fichier Gerber

Le fichier Gerber ne peut être exploité par la photo du traceur laser qu'en présence d'un fichier outils lumineux :

Ver	Hor	Type	Tool
0.008,	0.008,	L,	D10
0.160,	0.160,	C,	D11
0.150,	0.150,	C,	D12
0.100,	0.100,	C,	D13
0.110,	0.110,	R,	D14
0.110,	0.110,	C,	D15
0.030,	0.030,	L,	D16
0.090,	0.090,	C,	D17
0.044,	0.044,	L,	D18

Figure 9 : Exemple d'un fichier des outils lumineux

Les type d'outils sont les suivants :

- | | |
|---|---|
| C | Circle ou pastilles circulaires. |
| O | Oval ou pastilles ovales. |
| L | Line ou outil de tracé de lignes. |
| R | Rectangle pour les pastilles carrées ou rectangulaires. |

Les dimensions sont toujours données en pouces (1 pouce=25.4mm).

4.2 NC DRILL :

Le fichier NC Drill est un fichier consacré réellement pour la phase de perçage dans une chaîne de production industrielle des circuits électroniques. Ce fichier présente seulement les pastilles qui vont être percées avec une haute précision géométriques.

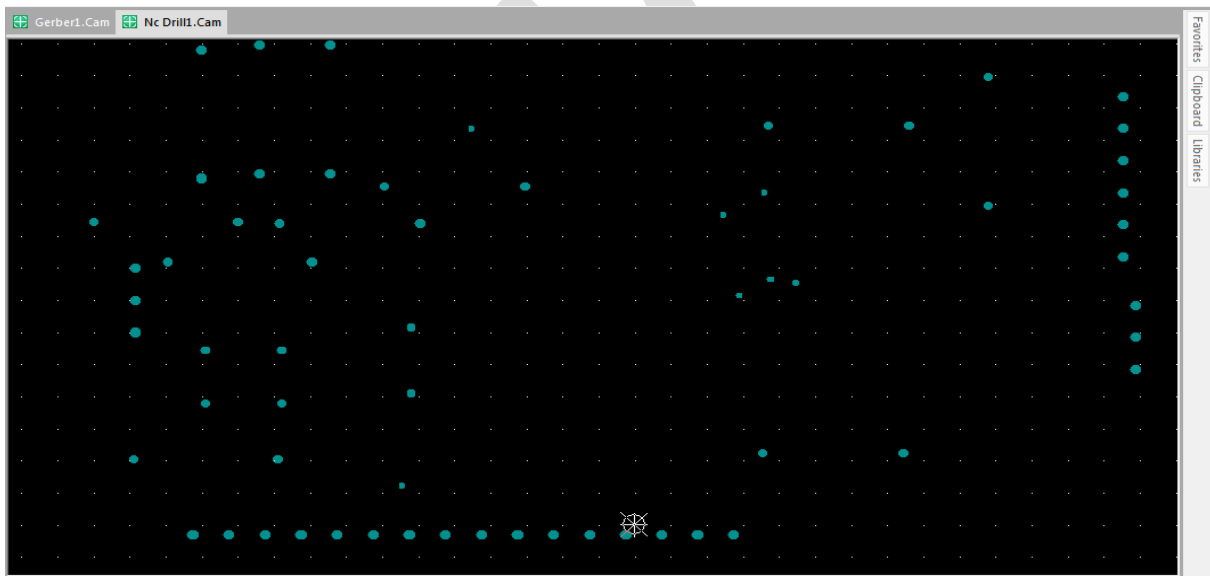


Figure 10 : Exemple d'un fichier NC Drill.

5. Création du Typon :

Le dessin électronique ou typon a pour but de permettre la réalisation pratique d'un montage sur circuit imprimé après de la mise le schéma ou le montage électrique sous la phase de routage. De ce fait, la création du typon se fait automatique à l'aide d'un outil ou logiciel de CAO.

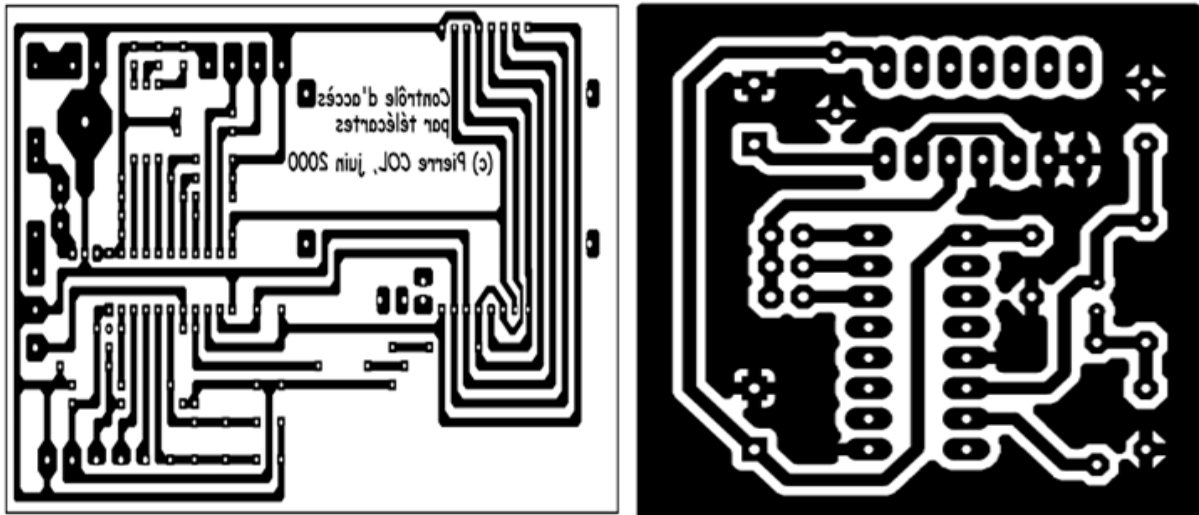


Figure 11 : Exemples de typon : (a) typon simple, (b) typon avec plan de masse

Remarque :

- ✓ Vous pouvez procéder au traçage manuel du typon en vous servant de marqueurs spéciaux pour obtenir des pistes noirs et opaques.
- ✓ Vous pouvez aussi opter pour son impression au moyen d'une imprimante laser. Et dans ce cas, c'est l'encre de l'imprimante qui sert à tracer le circuit.

NB : Servez-vous de papier glacé ou d'un film transparent pour l'impression et assurez-vous que celle-ci soit réalisée en **miroir**. Surtout, ne touchez pas à l'encre du typon après l'impression. Vous risqueriez sinon de l'effacer.

❖ Environnement logiciel CAO d'un PCB :

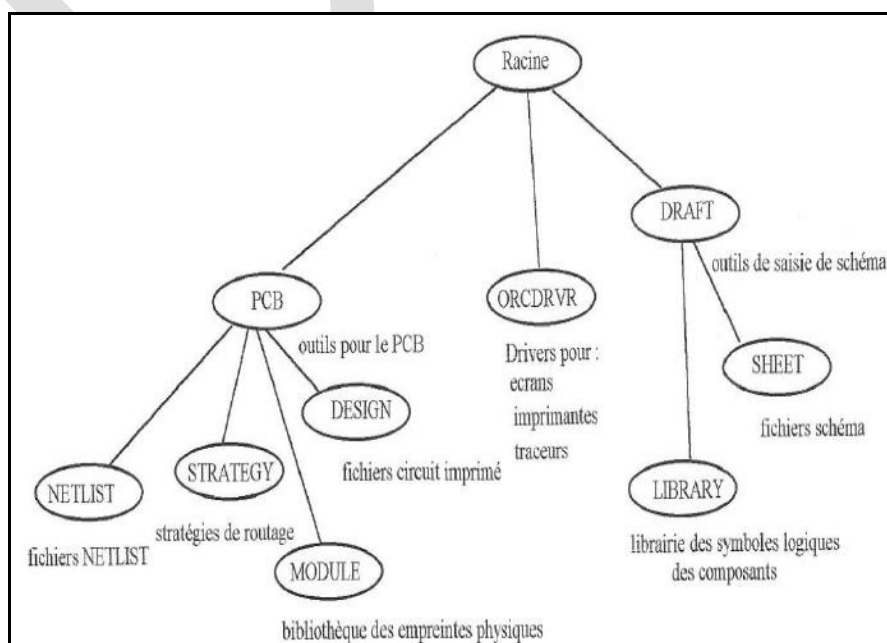


Figure 12 : Environnement d'un logiciel CAO électronique

V. Les différents logiciels CAO pour les systèmes électroniques :

Plusieurs produits existent également pour la conception de circuits électroniques ou des cartes PCB.

La conception d'un circuit électronique est soumise sous deux contraintes importantes :

- La première concernant le comportement électrique ou logique souhaité du circuit :

On obtient un modèle informatique du schéma construit comme sur un outil DAO (Dessin Assisté par Ordinateur). Cependant, chaque composant est affecté d'une loi de comportement, ce qui fournit au final un modèle virtuel permettant des tests de fonctionnement.

- La deuxième est l'implantation réelle des composants sur le circuit imprimé : Cette contrainte présente un vrai problème technique; si les schémas sont simples donc on trouve facilement une solution, par contre pour les circuits complexes la CAO est d'un grand secours. Le traçage des pistes doit parfois être établi sur une ou plusieurs couches (simple face ou double face).

Ces outils informatiques sont souvent appelés suite des logiciels, parce que leur utilisation comprend des phases indépendantes : la saisie schématique du circuit (le modèle électrique), la simulation (modèle mathématique), le placement des composants, et le routage (pistes conductrices).

Exemples des logiciels d'électroniques pour CAO :

- Eagle
- ALTIUM DESIGNER
- PSPICE
- Proteus ISIS
- Edwin
- gEDA
- Hyperlynx
- Kicad
- OrCad
- CR 5000

V.1 EAGLE :

EAGLE est un logiciel de conception PCB développé par la société allemande CadSoft Computer créée en 1988. Ce logiciel présente un poids lourd mondial des logiciels en générant plus de 2 milliards de chiffre d'affaires.

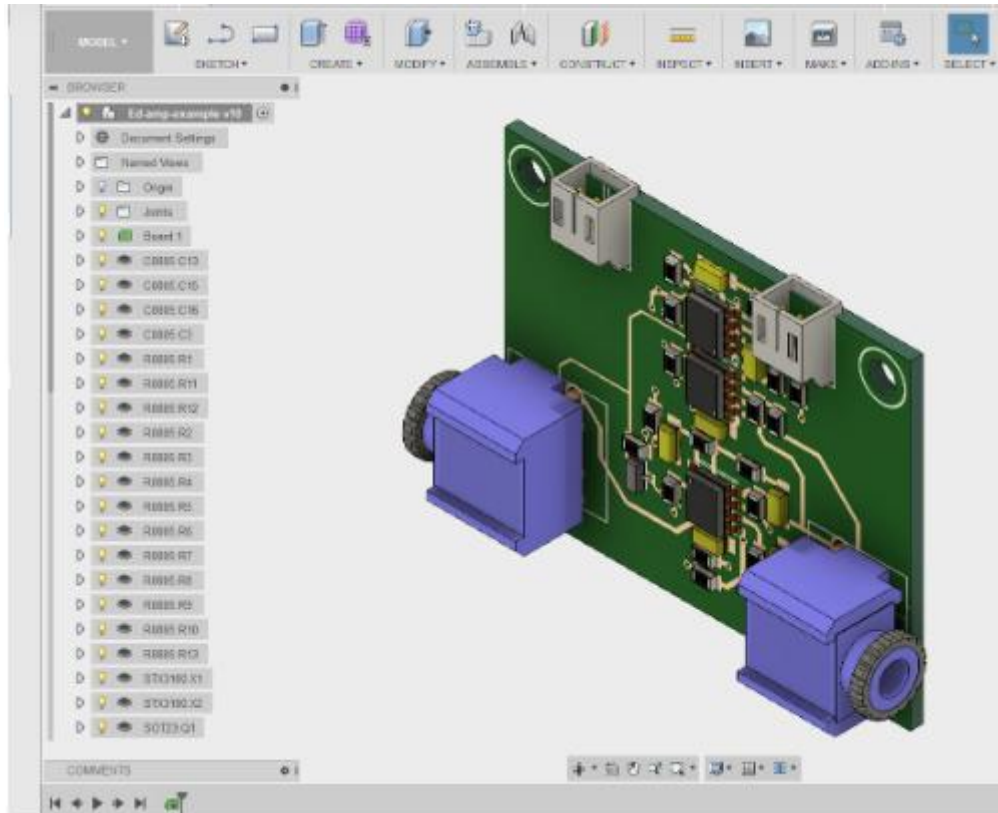


Figure 13 : Interface EAGLE

EAGLE signifie « Easily Applicable Graphical Layout Editor ». Le logiciel est disponible en trois versions :

- **EAGLE free** : la version d'essai limitée pour les amateurs
- **EAGLE standard** : 99 feuilles de schémas, 4 couches de signaux et une zone de circuit imprimé de 160 cm²
- **EAGLE Premium** : la version pro avec 999 feuilles de schémas, 16 couches de signaux et une zone de circuit imprimé illimitée

Fonctionnalités et caractéristiques :

- Editeur de schématique (lié à bibliothèque, règles électriques, génération d'une liste d'interconnexions)
- Annotation des modifications entre la schématique et le PCB
- Hiérarchie de la schématique
- Plan d'implantation avec fonctionnalités avancées

Il offre aussi une large bibliothèque de composants. Il a aussi l'avantage de fonctionner sous un environnement Mac OS X ou Linux

V.2 Altium Designer :

Fondée en 1985 sous le nom de Protel Systems en Australie, l'entreprise a depuis changé de nom en 2001 pour devenir Altium Designer en USA. C'est une société leader du marché du logiciel de conception électronique. L'entreprise gagne 6000 nouveaux utilisateurs chaque année et vise un chiffre d'affaires de 200 millions de dollars en 2020.

Fonctionnalités et caractéristiques :

- Conception de circuit imprimé
- Conception schématique
- Sorties des fichiers de fabrication

Avec une licence qui démarre à 7000\$, la suite logicielle Altium est particulièrement adaptée pour les ingénieurs en électronique travaillant pour des grands groupes industriels ou dans l'Internet of Things. Il est aussi beaucoup utilisé dans les universités et les grandes écoles. En revanche, il demande une longue phase d'apprentissage qui découragera les bricoleurs et les amateurs de PCB. Altium Designer fonctionne uniquement sous Windows d'après les spécifications sur leur site.

V.3 Proteus :

La solution de CAO électronique Proteus a été développée par Lab center Electronics Ltd. C'est une entreprise fondée en 1988 par John Jameson au Royaume-Uni. Cet outil CAO est largement répandu, la Proteus est vendu dans plus de 50 pays.

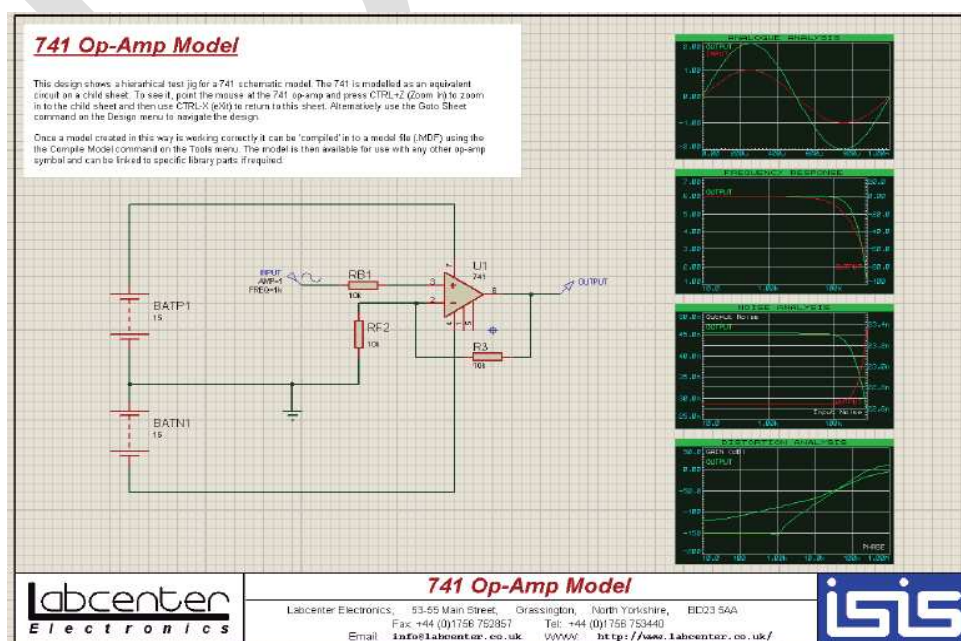


Figure 14 : Interface Proteus

La suite logicielle **Proteus** est un outil très efficace et populaire dans la conception assistée par ordinateur pour le domaine de l'électronique. Cette suite contient notamment les logiciels ISIS (schématique électrique) et ARES (routage).

⇒ Cette suite se compose de deux logiciels principaux :

➤ **Proteus PCB design software**

La Conception PCB jusqu'à 16 couches de cuivre.

Contient 14 millions de composants dans la librairie.

Routage manuel interactif.

➤ **Proteus Visual Designer**

Il fournit une solution complète pour l'édition de diagrammes de flux et une galerie de hardware pour un environnement intégré de développement pour Arduino et Raspberry Pi.

Fonctionnalités et caractéristiques

- Conception de schéma
- Simulation
- Mesure et analyse
- Correction des bugs
- Diagnostic

V.4 KiCad :

La suite **Kicad** est utilisée en électronique pour réaliser des schémas de circuits imprimés et pour réaliser le typon de ces montages électrique. Le grand point fort de ce logiciel est sa gratuité.

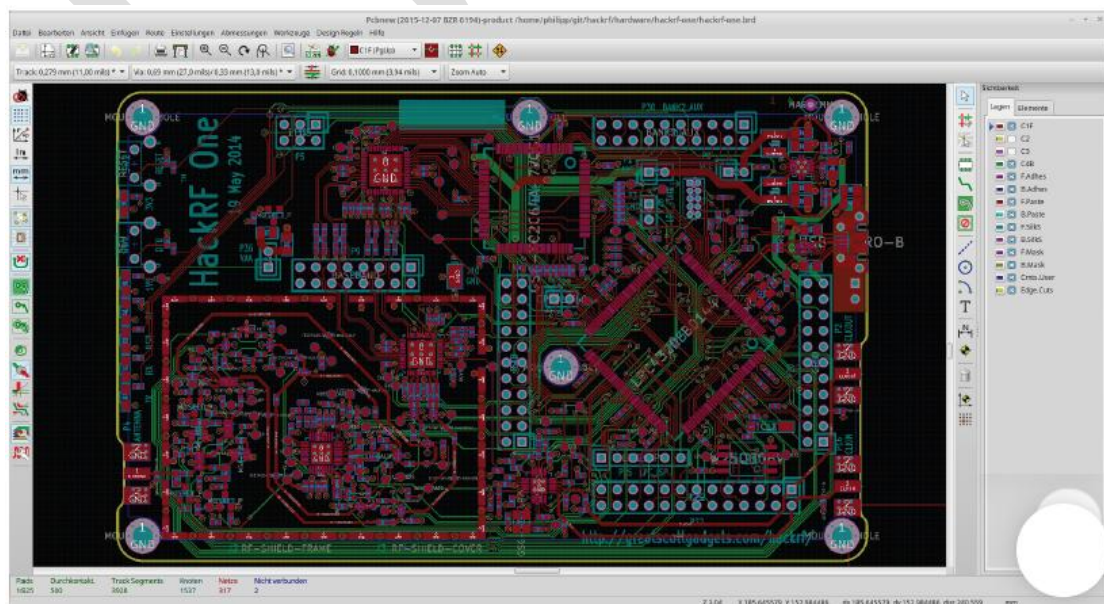


Figure 15 : Interface KiCad

Fonctionnalités et caractéristiques


- Pcb new : éditeur de circuits imprimés
- Cv pcb : utilitaire de sélection des empreintes physiques des composants utilisés dans le schéma
- Gerb view : visualiser de fichier Gerber
- Pcb calculator : outil d'aide à la conception pour calculer les valeurs des résistances, des largeurs de pistes, etc

V.5 Cadence OrCAD PCB Designer :

Née en 1988 de la fusion des sociétés SDA Systems et ECAD, Cadence Design Systems est aujourd'hui une firme leader sur le marché des logiciels de CAO en électronique. Établie à San Jose en Californie, elle réalise un chiffre d'affaire d'environ 2 milliards de dollars. La société Cadence édite les logiciels Allegro PCB Designer et OrCAD.

Fonctionnalités et caractéristiques :

- Schématique, disposition et routage
- Routage en temps réel interactif avec intégration des contraintes
- Création et modification de forme automatique
- Validation automatique du circuit
- Simulation mécanique et électrique de circuits électroniques

 *Le développement d'ordinateurs individuels (Windows ou Mac) suffisamment puissants permet de rendre la CAO une application importante pour assurer des fonctions très lourdes en calcul numérique :*

- Modélisation numérique
- Simulation mécanique et calcul des matériaux
- Représentation graphique
- Dessin de plan
- Manipulation d'objets 3D
- Gestion de grands assemblages