

# outils à tester avant de souder

outils de simulation et de modélisation 3D gratuits

Stuart Cording (Elektor)

Vous avez une idée géniale pour un circuit ou un produit, mais vous souhaitez tester quelques notions de base avant de faire chauffer votre fer à souder ou d'allumer votre imprimante 3D ? Aujourd'hui, il est plus simple que jamais de déterminer ce qui est possible et ce qui ne l'est probablement pas. Il vous suffit d'allumer votre PC et de commencer à tester !

Vers la fin des années 1990, alors que j'étudiais l'ingénierie, le potentiel du PC en tant qu'outil à côté du fer à souder commençait à peine à se manifester. Les circuits pouvaient être décrits en format texte et simulés avec SPICE grâce à une commande DOS, ce qui permettait d'obtenir des graphiques VGA de l'amplitude et de la phase du signal. Un autre outil, basé sur Windows, permettait de simuler des circuits numériques, à condition que la machine ne tombe pas en panne pendant notre séance de travaux pratiques. Cependant, en dehors de l'université, l'accès à ces outils était réduit à des versions limitées dans le temps ou dans leurs fonctionnalités. Si vous aviez de la chance, vous auriez peut-être pu rester un peu plus longtemps au bureau pendant un stage et utiliser le logiciel de développement dont disposait votre employeur.

Aujourd'hui, la situation des logiciels dans l'industrie a considérablement évolué. De nombreux outils gratuits sont disponibles sur le marché, offrant des capacités plus que suffisantes pour permettre à la plupart des makers de tester une idée avant de commander des composants en ligne. D'autres sont gratuits pour les makers et les activités non



commerciales, ce qui vous donne le temps d'apprendre à les utiliser avant de sauter le pas et de payer une licence.

Et grâce à la puissance des navigateurs modernes, certains outils ne nécessitent même pas le téléchargement d'un logiciel. Il vous suffit de vous connecter et de commencer à concevoir !

## Wokwi

Lorsque l'on accède à Wokwi [1], il est difficile de savoir si le site peut offrir un outil suffisamment puissant et utile. Mais, les apparences sont trompeuses. Derrière la simplicité de l'interface se cache une richesse matérielle et logicielle qui permet de simuler des applications complexes basées sur du matériel Arduino, Raspberry Pi Pico, STM32, et ESP32. L'accès aux fonctions de Wokwi est gratuit, mais tous les projets que vous créerez seront publics. Pour plus de confidentialité et l'accès à des fonctionnalités avancées, vous pouvez vous inscrire au "Wokwi Club" à un prix raisonnable. Les projets commencent par la sélection d'une carte à microcontrôleur, puis les utilisateurs sont invités à explorer l'un des nombreux projets existants comme point de départ. Le navigateur est partagé en deux, la partie gauche étant dédiée au développement traditionnel du code de la carte sélectionnée, tandis que la partie droite permet une représentation visuelle du matériel (**figure 1**). Il existe une gamme de composants dans la bibliothèque, allant des simples composants passifs et circuits logiques à des modules complets de SparkFun, des LED à sept segments, des LCD, des servos, et des télécommandes et récepteurs IR. Vous pouvez même démarrer une session de débogage si vous êtes familier avec le débogueur de code source GDB [2]. Sinon, il vous suffit de cliquer sur le bouton *play* pour exécuter votre code et simuler votre circuit. Les écrans s'actualisent, les LED clignotent et les signaux sonores retentissent, ce qui vous permet de tout tester.

L'environnement est bien documenté [3] et propose un blog fournissant des conseils, et il est soutenu par un canal Discord actif. Les projets Arduino sont sauvegardés au format *.ino*, ce qui permet de les copier facilement dans l'EDI Arduino, et il existe également un gestionnaire de bibliothèque. Les schémas de circuit sont enregistrés au format JSON, facile à lire. Pour documenter votre projet et partager votre expérience, vous pouvez écrire des notes au format *markdown* dans un

fichier *readme.md*. Des efforts sont également en cours pour prendre en charge l'outil via le fameux EDI Visual Studio Code de Microsoft et offrir un environnement d'intégration continue (CI) basé sur le cloud afin d'automatiser les tests.

### Pour commencer

- Réveil Arduino avec module d'horloge en temps réel : <https://tinyurl.com/almclkino>
- Enregistreur MQTT météo avec ESP32 et MicroPython : <https://tinyurl.com/espmqttwl>
- Clavier matriciel Raspberry Pi Pico avec LED : <https://tinyurl.com/picokeypad>

### QSPICE

SPICE, (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*), est un outil qui a vu le jour à l'université de Californie, à Berkeley, dans les années 1970. Il a aidé les ingénieurs à simuler leurs circuits analogiques avant de les intégrer sur le silicium avec une analyse mathématique complexe, en tirant parti de la puissance du langage FORTRAN pour le calcul numérique. Aujourd'hui, on trouve différentes versions de SPICE sous forme d'outils autonomes ou cachés dans le back-end des packages de conception de circuits.

Une nouvelle version est désormais disponible. QSPICE [4] a été lancé par Qorvo, une société américaine de semi-conducteurs qui développe son portefeuille de dispositifs de puissance, et qui a récemment ajouté des produits en carbure de silicium (SiC) grâce à l'acquisition de UnitedSiC en 2021. Leur outil de simulation a été développé par Mike Engelhardt, le concepteur de l'outil LTspice promu par Analog Devices (anciennement Linear Technology).

QSPICE ressemble à n'importe quel autre outil de simulation, fournissant un espace de travail pour dessiner des circuits (**figure 2**) et lancer une simulation, affichant les résultats dans le domaine temporel (**figure 3**). Cependant, par rapport à LTspice, le mode d'interaction suit les règles standard de l'interface utilisateur de Windows, comme tourner la molette de la souris vers l'avant pour zoomer. Cependant, c'est là que s'arrête la ressemblance. Dans une interview, Engelhardt a expliqué que cette version de SPICE est celle qu'il aurait créée il y a 25 ans s'il avait su ce qu'il sait aujourd'hui. Le changement le plus important est peut-être la prise en charge de la simulation en mode mixte avec un compilateur pour Verilog (qui est écrit à l'intérieur d'un fichier C++ - voir la démo VerilogCounter ci-dessous), ce qui permet la mise en œuvre d'appareils numériques. Il précise également que cet outil simule le circuit donné plutôt que de résoudre les équations complexes le mieux possible, contrairement à d'autres outils SPICE. QSPICE utilise également les dernières fonctionnalités du système d'exploitation Windows qui offrent un accès simplifié au GPU de l'ordinateur via une API logicielle normalisée. Cela signifie que, lors de la simulation, les données de forme d'onde peuvent désormais être utilisées telles qu'elles sont présentées, ce qui évite la nécessité d'une compression et les problèmes associés qui en résultent. En outre, les graphiques sont nettement améliorés, tant pour l'affichage des circuits que pour les résultats de la simulation. Un autre avantage est la vitesse, qui s'est avérée plus grande sur les circuits de référence et qui a passé tous les tests - un taux d'échec de simulation d'environ 15 % est typique pour de tels outils.

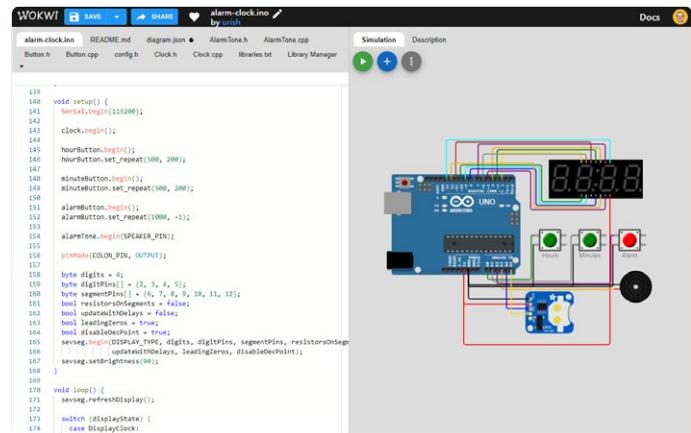


Figure 1. L'interface utilisateur de Wokwi reste simple, ce qui vous permet de vous concentrer sur le code (à gauche) et le circuit (à droite).

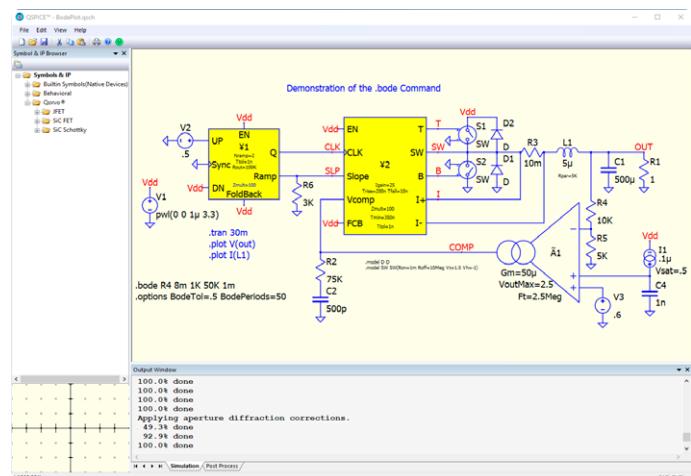


Figure 2. QSPICE offre une interface de conception de circuits conviviale, tandis que le GPU de votre PC augmente les performances de simulation.

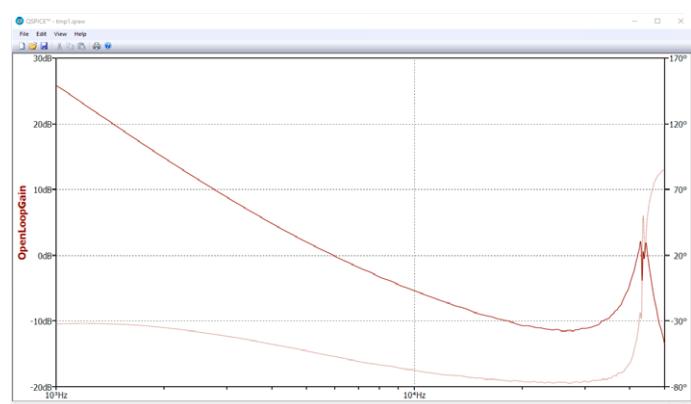


Figure 3. Le résultat de la simulation : un diagramme de Bode habituel mais avec une résolution plus élevée qu'avec les autres outils SPICE.

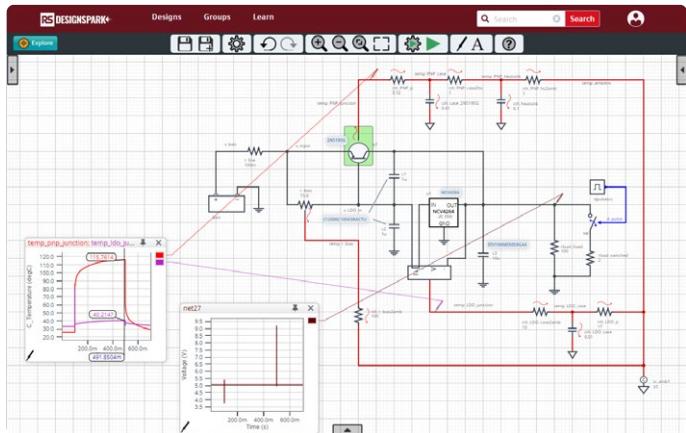


Figure 4. On peut également simuler les caractéristiques thermiques d'un circuit avec un simulateur de circuit de DesignSpark (un outil en ligne).

Une amélioration significative de la simulation concerne la saturation des composants tels que les JFET (SiC) et les commutateurs au nitride de gallium (GaN) dans la région "on". Qorvo espère que cela aidera les ingénieurs à développer des systèmes avancés de gestion de l'énergie de future et deviendra un outil industriel auquel contribueront d'autres fournisseurs de semi-conducteurs. Actuellement, environ 1 000 composants sont pris en charge, ainsi que 20 exemples de projets.

#### Pour commencer

Allez dans le menu et sélectionnez *File Open Demo...*, puis :

- Testez la simulation numérique d'un compteur avec *VerilogCounter.qsch*
- Examinez une alimentation à découpage (à résonance) (SMPS) avec *SMPS.qsch*
- Créez un diagramme de Bode avec *BodePlot.qsch*

#### Simulateur de circuit DesignSpark

Le programme DesignSpark de RS Components a été lancé il y a plus de dix ans, évoluant vers une communauté qui encourage les ingénieurs et les activistes de l'ingénierie. Il s'appuie sur une gamme d'outils gratuits de conception de circuits imprimés et de modélisation 3D, ainsi que sur des abonnements qui ouvrent l'accès à des fonctionnalités avancées. Circuit Simulator [5], un outil basé sur un navigateur de Siemens PartQuest Explore, vient s'ajouter à cette liste d'outils. Il prend en charge les circuits analogiques, numériques et à signaux mixtes, mais l'aspect le plus intéressant est sans doute l'option de simulation multi-domaine.

La plupart des simulateurs de circuits simulent en fonction du circuit donné. Vous pouvez simplement introduire plusieurs ampères à travers une diode à petit signal, sans vous soucier de la faire claquer dès la première seconde du fonctionnement. La simulation multi-domaine signifie que la simulation électro-thermique et électro-mécanique sont également disponibles.

Il est plus facile d'expliquer cela avec l'un des circuits d'exemple disponibles. Le projet de régulateur élévateur utilisant un LDO NCV4264 d'Onsemi, génère une sortie de 5 V dans une charge de 100 Ω. Un circuit de test supplémentaire commute une charge de 2 Ω en entrée

et en sortie, provoquant un statisme et un pic prévus dans la sortie de tension. Autour du circuit, on a construit un circuit thermique supplémentaire (**figure 4**). Il s'agit de la chaleur générée par un transistor plus un élément *Electrical Power to Heat Flow* qui s'enroule autour des composants électriques à deux broches tels que le LDO.

Il est évident qu'une telle simulation nécessite une compréhension des propriétés thermiques du circuit lors de sa fabrication, telles que le transfert de chaleur à travers le circuit imprimé, ce qui n'est pas connu de tout le monde. L'outil comprend une gamme de composants thermiques et électrothermiques tels que des transistors et des diodes avec des interfaces électrothermiques, un réseau thermique Cauer et un refroidisseur thermoélectrique Peltier.

Vous trouverez des composants magnétiques et électromécaniques, tels que des électro-aimants, des moteurs linéaires à courant continu et des moteurs triphasés. Si nécessaire, vous pouvez ajouter de nouveaux composants à votre bibliothèque. L'une des approches consiste à saisir les détails essentiels à partir de la fiche technique du composant. Sinon, ils peuvent être décrits avec SPICE ou VHDL-AMS [6]. Comme pour tous les outils de la gamme Design Spark, une inscription est nécessaire pour accéder à Circuit Simulator, et avec le plan Explorer gratuit, la simulation est limitée à une minute. La mise à niveau porte cette durée à 60 minutes. Une autre fonctionnalité astucieuse est la possibilité d'intégrer votre circuit dans votre propre site web, ce qui permet aux visiteurs d'explorer votre circuit, en déplaçant des sondes pour voir les résultats de la simulation.

#### Pour commencer

Créez un compte, connectez-vous et procédez au paiement :

- Commande de moteur pas à pas en boucle ouverte : <https://tinyurl.com/pqolstct>
- Système de direction assistée électrique avec un moteur PMSM : <https://tinyurl.com/pqpowersrt>
- Ascenseur hydraulique pour voitures basé sur une motopompe triphasée : <https://tinyurl.com/pqcarlift>

#### Shapr3D

Avec l'apparition des imprimantes 3D, des outils ont été nécessaires pour concevoir les objets en 3D à imprimer. L'un des outils les plus répandus était SketchUp [7], un logiciel acheté par Google qui permettait d'ajouter des bâtiments à Google Earth. Deux décennies plus tard, la version gratuite de SketchUp n'est disponible que sous la forme d'un outil basé sur un navigateur, elle est peu pratique et n'a pas l'air d'avoir beaucoup changé.

Le problème des outils 3D est qu'ils sont difficiles à utiliser sur les écrans 2D dont la plupart d'entre nous disposent. Shapr3D [8] résout ce problème d'une manière convaincante. Disponible sous forme d'application pour Windows ou Mac, ou via l'App Store pour iPad, il est possible de télécharger le logiciel après s'être enregistré. L'interface utilisateur permet de comprendre facilement quelles sont les options de dessin en 3D disponibles à tout moment. Mais le plus astucieux, c'est que vous pouvez à tout moment passer en mode dessin 2D en appuyant sur la barre d'espace, évitant ainsi la confusion causée par le rendu. Ainsi, si vous êtes un adepte du dessin technique sur papier, vous pouvez commencer confortablement.

Vous serez tout aussi satisfait si vous préférez vous lancer directement dans un dessin en 3D (**figure 5**). Les dimensions et les angles sont facilement modifiables après qu'un objet a été dessiné ou qu'une face a été tirée, de même que les filets et les chanfreins. Les cercles sont placés au centre à l'aide de l'outil concentrique, même si seul un arc est disponible comme ligne de référence. Et, pour garantir la précision, la grille et l'accrochage sont faciles à configurer en fonction de vos besoins.

Shapr3D permet également de tester ses fonctionnalités avancées. Par exemple, il est possible de transformer un modèle 3D existant en un dessin mécanique, ou d'appliquer des matériaux à la surface pour se faire une idée de l'aspect du produit final (**figure 6**). La version gratuite permet d'exporter les modèles sous forme de fichiers STL ou 3MF pour l'impression 3D, bien que la résolution soit basse. Pour le reste, vos fichiers sont stockés dans le cloud.

#### Pour commencer

Pour les tests, nous avons téléchargé un support simple au format STEP [9] à partir de GrabCad [10], qui propose une série de modèles dans sa bibliothèque.

#### Testez d'abord, construisez plus tard

Bob Pease, un célèbre ingénieur en analogique de National Semiconductor, a toujours affirmé que son langage de programmation préféré était la soudure. Et il a raison - construire quelque chose sera toujours mieux et plus amusant que de la simuler. Cependant, si vous n'avez pas de composants à portée de main, ou si vous voulez explorer une idée pour en vérifier la faisabilité, vous pouvez utiliser gratuitement tous les outils listés ici avant de passer votre commande de composants. ↗

230512-04

#### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur ([stuart.cording@elektor.com](mailto:stuart.cording@elektor.com)) ou contactez Elektor ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)).

#### À propos de l'auteur

Stuart Cording est ingénieur et journaliste et possède plus de 25 ans d'expérience dans l'industrie électronique. Vous trouverez un grand nombre de ses articles récents sur Elektor à l'adresse suivante : [www.elektormagazine.com/cording](http://www.elektormagazine.com/cording). En plus d'écrire pour Elektor, il anime une émission d'interviews régulièrement diffusée en direct, Elektor Engineering Insights ([www.elektormagazine.com/eei](http://www.elektormagazine.com/eei)).

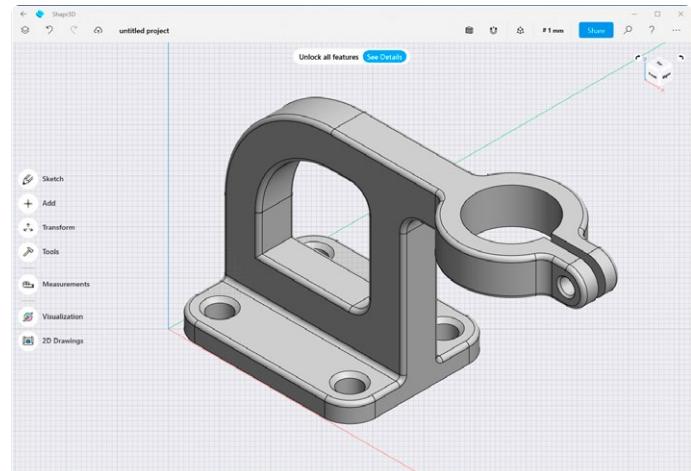


Figure 5. L'interface utilisateur de Shapr3D est très conviviale et permet une transition parfaite entre le dessin 3D et le dessin 2D.

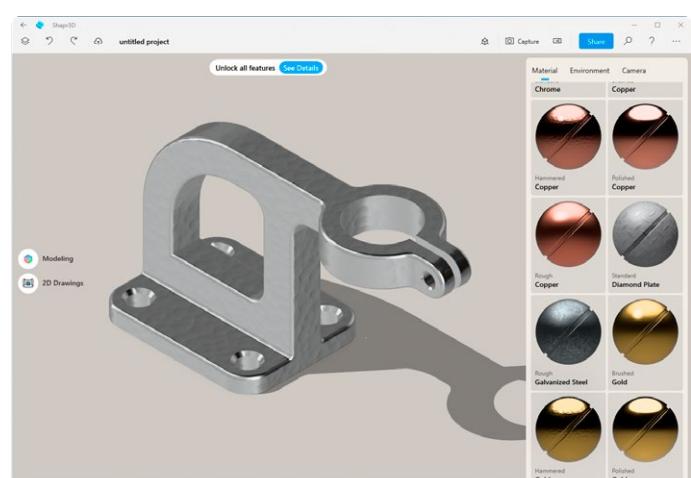


Figure 6. Des matériaux peuvent être appliqués aux modèles 3D finis. La version gratuite ne permet pas d'enregistrer les matériaux sélectionnés.

#### LIENS

- [1] Wokwi : <https://wokwi.com>
- [2] GDB Debugger Project: <https://sourceware.org/gdb>
- [3] Documentation de Wokwi : <https://docs.wokwi.com>
- [4] Qorvo QSPICE : <https://tinyurl.com/qspicesimulator>
- [5] Simulateur de circuit DesignSpark : <https://tinyurl.com/designsparkcs>
- [6] VHDL-AMS sur Wikipédia : <https://tinyurl.com/wikivhdlams>
- [7] SketchUp : <https://sketchup.com>
- [8] Shapr3D: <https://shapr3d.com>
- [9] Example 3D model of bracket : <https://tinyurl.com/bracketmount>
- [10] GrabCAD : <https://grabcad.com>