

Numérique responsable, archéologie numérique et architectures minimalistes

Rapport TER

Etudiants : Becker Nicolas - Elliott Clain

Encadrants : Matthieu Moy - Guillaume Salagnac - Lionel Morel

21/10/2024 - 23/02/2025

Résumé : Ce projet s'interroge dans quelle mesure peut-on continuer les usages actuels de l'informatique sur des machines du passé. Notre travail s'intéresse à l'informatique hors embarqué, et détaille plus précisément la période des années 90.

Mots clés : Durabilité, Sobriété numérique, Éco-responsable, Langages de programmation, Compilation, Informatique minimaliste ou embarquée, Prospective.

I - Introduction

Le domaine des technologies numériques connaît une croissance exponentielle continue depuis l'origine, mais celle-ci s'accompagne aussi d'un certain impact, et notamment sur l'environnement. Une partie des ressources nécessaires aux machines, notamment les terres rares, existent en quantité limitées. Certaines sont déjà amenées à s'épuiser dans un futur proche.

On peut donc imaginer un potentiel scénario futur où les ordinateurs auraient une puissance réduite par rapport à aujourd'hui. Notre travail s'interroge dans quelle mesure nous serions capable de garder nos usages actuels dans le cas d'un tel scénario.

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'histoire du matériel et des usages de l'informatique pour servir de repère dans le cas d'un futur décroissant. En effet, l'étude du passé permet de proposer des éléments de réponse, mais ce n'est qu'un point de départ, car il ne répond qu'en partie à la problématique. Le projet ne propose pas non plus de revenir strictement à une époque technologique passée. Nous avons donc réalisé une bibliographie de certains usages, comme illustré par la frise chronologique ci-dessous. Nous avons également réalisé une maquette technique centrée sur les années 90 pour illustrer le cas d'une informatique moins puissante, tout en gardant des usages similaires à ceux actuels. Nous nous sommes limités à des usages grand public par souci de temps.

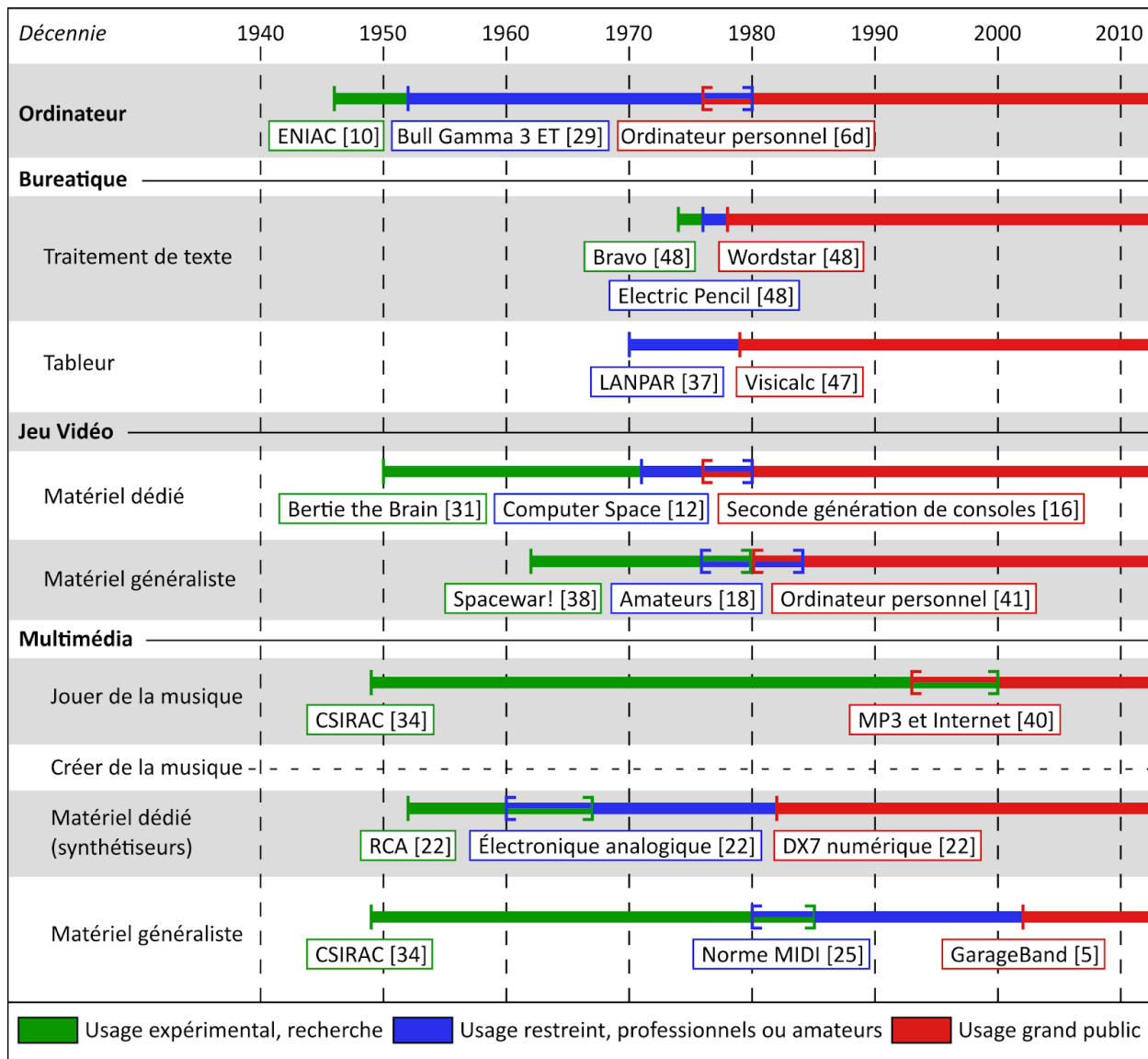


Figure 1. Frise chronologique des usages du numérique.

II - Etude bibliographique: le matériel et les usages du numérique dans l'histoire

Dans cette première partie, nous allons aborder notre étude bibliographique. Elle porte sur les usages des matériels informatiques en général, ainsi que sur les quelques usages particuliers que nous avons traités. Nous avons choisi des usages grand public et communs à notre époque, mais aussi à celle des années 90. Parmi ces usages, nous en avons exclu certains, dont la navigation sur les réseaux, par soucis de temps et/ou de difficulté à les reproduire dans notre maquette technique.

1 - Évolution des matériels informatiques de 1945 à nos jours, et impact sur les usages

Avant d'aborder les différents usages que nous avons étudiés, nous allons parler de l'évolution des matériels informatiques de 1945 à nos jours, et leurs impacts sur les usages.

Pour commencer, on peut situer les débuts de l'ordinateur tel qu'on le connaît après la seconde guerre mondiale et la contribution d'Alan Turing et de Von Neumann. L'ENIAC développé pendant la seconde guerre mondiale et terminé en 1946 par l'université de Pennsylvanie est un bon point de départ. En effet, c'est le premier système numérique électronique programmable [10].

A ce moment-là, les premiers ordinateurs étaient utilisés principalement par les institutions gouvernementales et de recherche. Typiquement, l'ENIAC a été développé dans le but d'aider les Etats-Unis à gagner la guerre [10] [6a].

Des années 50 à la fin des années 60, les usages sont restés similaires, notamment dans le contexte de la guerre froide. On peut donner l'exemple d'IBM qui dominait le marché de cette époque avec l'IBM 701 qui était utilisé notamment pour effectuer des calculs scientifiques [39]. Mais, progressivement les usages commerciaux et professionnels ont pris de plus en plus de place dans le marché, principalement pour de l'administratif par exemple avec le Gamma 60 Bull [29].

Un cas assez extrême par sa précocité est celui de J Lyons & Co qui utilisait déjà des ordinateurs pour de l'administratif et de la logistique dès 1951 avec le LEO I considéré comme étant le premier ordinateur de bureau [7] [23] [6b].

L'informatique de cette époque reste tout de même réservée à une minorité d'institutions, de centres de recherche, de grandes entreprises et de quelques rares passionnés. Cela était notamment dû au coût et à la place que prennent les ordinateurs de l'époque qui sont des ordinateurs centraux (mainframe) et donc très grands et chers.

Dans les années 70, l'apparition de la micro informatique centrée autour des microprocesseurs, ainsi que le micro-ordinateur ont permis de drastiquement améliorer l'accessibilité de l'informatique. On peut donner l'exemple du Micral N de 1973, considéré comme le premier micro-ordinateur, vendu à un prix plus abordable [4] ou de l'IBM Personal Computer de 1981 dont les ventes totales sont estimées à 250000 unités [6c]. Typiquement, la micro-informatique a introduit l'ordinateur directement dans les bureaux là où avant, l'informatique professionnelle se passait dans des centres de traitement des données. De la même manière que le LEO I, la principale utilisation de ces nouveaux ordinateurs était le traitement de texte et les feuilles de calculs ou tableurs [6c] (cf. II - 3).

En plus de se développer dans le monde professionnel, grâce à la micro informatique, les ordinateurs grand public ont pu se démocratiser vers la fin des années 70. C'est l'avènement de l'ordinateur personnel comme on le connaît aujourd'hui avec par exemple l'Apple II [6d].

Par la suite, les ordinateurs personnels et les systèmes d'exploitation d'Intel, de Microsoft et d'Apple ont détrôné le micro-ordinateur d'IBM dans les années 90, mettant fin à la domination de la firme et démocratisant toujours plus l'informatique et les usages grand public [6e]. La série des Macintosh et les ordinateurs tournant sur les systèmes d'exploitations Windows 3.X sont de bons exemples.

En parallèle, à partir des années 80, l'informatique a beaucoup progressé dans le domaine des systèmes embarqués, dans divers domaines dont le multimédia [6f] (cf. II - 4).

Enfin, à partir des années 2010, la progression du marché de l'ordinateur personnel a commencé à stagner, orientant l'utilisation principale de l'ordinateur vers le mobile, le portable et la tablette [6g] comme l'indique la figure 2.

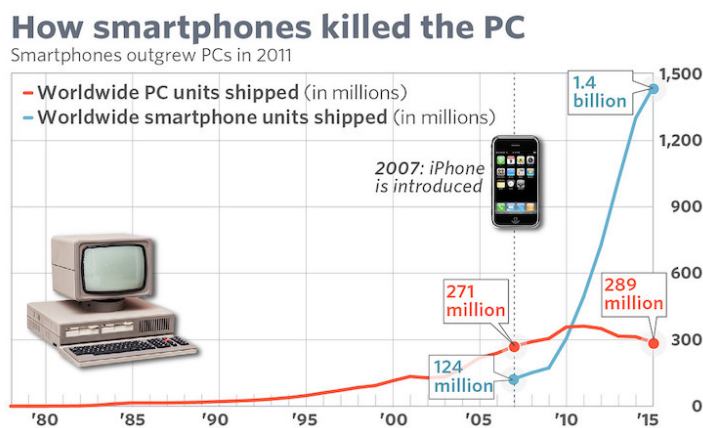


Figure 2. How Smartphones killed the PC [42]

Nous allons maintenant aborder les différents usages que nous avons étudiés. Comme expliqué plus tôt, ce sont des usages largement pratiqués par le public d'aujourd'hui.

2 - Focus sur les usages bureautiques: traitement de texte et tableur

Le premier usage que nous allons traiter est celui de la bureautique. Nous allons voir que le traitement de texte et les tableurs ont suivi une progression similaire, voire parallèle.

Avant les années 70, il n'existait pas de logiciel de tableurs à proprement parler [36]. Les logiciels de traitement de texte eux, n'étaient que des éditeurs de texte comme le TECO [18] utilisés uniquement pour écrire du code à compiler. Il n'y avait pas de mise en page et ils étaient adaptés à un langage de programmation spécifique.

Au début des années 70, les feuilles de calcul informatisées sont inventées par Pardo et Landau avec le LANPAR [37]. Les premiers logiciels de traitement de texte pour le secrétariat avec mise en page et "WYSIWYG" (what you see is what you get) arrivent vers la fin des années 70 [28] [15] avec par exemple le Bravo sur Xerox Alto. C'est le début de l'introduction de l'informatique vers le monde professionnel où la bureautique devient l'usage le plus commun de l'informatique, notamment pour l'administratif ou le secrétariat [28].

A la fin des années 70 - début 80, l'arrivée de l'ordinateur personnel fait arriver très rapidement le traitement de texte et les tableurs vers des usages domestiques avec WordStar, WordPerfect [28], Excel ou Visicalc. Le Visicalc de 1979 est même appelé le "killer app" de l'Apple II [47].

Des années 90 à nos jours, les usages de la bureautique n'ont pratiquement pas changé et les fonctionnalités principales étaient déjà présentes dès les années 1980 (cf. III - 3). Cependant, des avancées peuvent tout de même être notées, comme un correcteur orthographique plus avancé, l'hypertexte ou le collaboratif par exemple.

Un autre usage grand public que nous avons étudié est celui du jeu vidéo abordé dans la sous partie suivante.

3 - Focus sur le jeu vidéo

Le jeu vidéo apparaît dans les années 50 et est utilisé très rarement comme divertissement (à part par quelques passionnés), mais d'abord comme programme d'entraînement, et comme démonstration technique, servant la recherche, avec par exemple Spacewar ou Bertie the Brain [31].

Dans les années 60-70, le jeu vidéo se démocratise sur machine dédiée (par opposition aux ordinateurs personnels qui ne sont pas seulement conçus pour le jeu vidéo) avec la commercialisation des premières bornes d'arcades et consoles avec Atari et des jeux comme Computer Space par exemple [44] [32]. D'un autre côté, certains jeux vidéo sur ordinateurs sont distribués via des disquettes voire même des livres ou magazines où leur code source sont notés ce qui permet de les taper soi-même avec par exemple Akalabeth [43]. Ce marché reste minoritaire par rapport à l'arcade à cette période.

Dans les années 80, d'un côté les arcades commencent à perdre en popularité. D'un autre côté, Nintendo et Sega sortent des licences importantes (Mario, Zelda, Metroid...) et relancent les jeux sur consoles (Famicom, NES, GameBoy) après le krach de 1983 [9]. Sur ordinateur personnel, le jeu vidéo évolue plus lentement que le matériel dédié. Il faut attendre 1985 avec l'Amiga, l'Atari ST, ou l'Amstrad, techniquement plus évolués, pour renouveler le jeu vidéo sur ordinateur [9].

Dans les années 90, le marché des consoles se développe rapidement avec la SNES de Nintendo, la Master System de Sega et la Playstation I de Sony [9]. En parallèle, l'ordinateur personnel a de grandes avancées avec des jeux révolutionnaires à l'époque, comme DOOM d'Id software (cf Maquette technique - Jeu Vidéo) ou Half Life de Valve.

Les années 2000 - 2010 sont dans une certaine mesure dans la continuité des années 90 avec des avancées comme le jeu vidéo en ligne, le "cloud gaming" [21], ou les graphismes haute définition avec l'apparition de l'UHD. Aussi, même si on peut dater le premier jeu indépendant à 1989 avec Prince of Persia, le jeu indépendant se démocratise vraiment avec les moteurs de jeux comme Unity qui

facilitent le développement et des plateformes comme Steam [46]. On peut aussi noter la montée des jeux mobiles avec par exemple des jeux à succès comme Angry Birds ou Bejeweled [1].

Bien sûr, la plupart des jeux vidéos font intervenir de la génération de son et d'image, qui font partie du multimédia que nous allons traiter dans la section suivante.

4 - Focus sur les usages "multimédia"

Le multimédia remonte à la fin des années 60 avec la "mother of all demos" [13], conférence combinant interfaces graphiques, hypertexte, vidéoconférence, édition collaborative en temps réel, etc... Cependant, à cette époque on utilise quand même principalement les autres médias souvent analogique, comme la radio, la télé, etc... Dans ce travail, on a laissé de côté certains aspects dont la vidéo, visio-conférence, traitement d'image, etc... pour se concentrer sur l'audio, l'écoute et la production.

A - Écouter de la musique

A la fin des années 70 et début des années 80, le disque compact numérique (CD-DA) puis le CD-ROM créé par Philips et Sony [20] et les hypertextes [30] remplacent le disque 33 tours analogique et les disquettes [27]. Cela permet d'avoir enfin un support de stockage durable, possédant une plus grande taille de stockage, portable et de bien meilleure qualité pour les contenus multimédia, comparativement à la disquette magnétique.

Dans les années 90, l'arrivée de nouveaux standards de compression comme le format MP3, le lecteur de CD-ROM, les cartes son et interfaces graphiques en couleur sur PC démocratisent le multimédia sur ordinateur personnel [27] (cf. III - 5). On assiste aussi au début des échanges par réseaux dont Internet [27] et des lecteurs multimédia comme WinPlay3 (1995), Windows Media Player (1999), ou VLC (1996). Il y a même quelques tentatives de streaming comme le groupe Severe Tire Damage en 1993 depuis le Xerox Park [26].

Les années 2000 voient l'apparition des CD audio, puis l'avènement d'internet et du streaming avec par exemple l'une des premières projections du cinéma numérique publique par Philippe Binant [19], puis des réseaux sociaux de streaming comme Youtube à partir de 2008, dailymotion, etc...

B - Produire de la musique

La musique assistée par ordinateur débute expérimentalement dans les années 50 et se développe dans les années 60-70 avec les premiers synthétiseurs effectuant la synthèse et le traitement du son avec par exemple le Moog (1964) [45][22] ou le Synclavier (1975) [2]. Cependant, leur évolution est très limitée par à un manque de concertation entre les marques leaders, ce qui conduit l'utilisateur à consulter davantage le mode d'emploi que l'instrument lui-même [25]. Leur utilisation demeure alors marginale.

Les synthétiseurs ne se développent vraiment qu'à partir des années 80 avec l'arrivée de la norme midi (1983), de la modulation avec synthèse FM (à ne pas confondre avec la FM de la radio) ou des logiciels comme Cubase en 1989 qui divise environ les prix par trois [45].

Dans les années 90, l'apparition des systèmes tapeless permettent d'enregistrer du son directement sur un disque dur sans passer par un CD ou une cassette, comme avec le logiciel Pro Tools sur Macintosh, dès 1991 [45].

Dans les années 2000 l'ordinateur, auparavant minoritaire dans la musique, avec des synthétiseurs dédiés devient incontournable dans le processus créatif [45]. Les années 2000 marquent le début des vocaloids comme Hatsune Miku (2009), qui facilite grandement la synthèse de voix dans la musique [45].

De cette étude bibliographique, on peut tirer quelques conclusions intéressantes. D'une part, on peut séparer les usages en trois périodes. En premier, on peut caractériser les usages expérimentaux et de recherche en général avant les années 70, puis les usages restreints, professionnels ou amateurs en général entre les années 70 et 80, et enfin, les usages grand public en général après les années 80.

D'autre part, si l'évolution technologique et des performances ont permis l'apparition de nouveaux usages, on peut remarquer que certains usages sont restés semblables après les années 90. Nous avons vérifié cette dernière affirmation dans notre maquette technique que nous allons traiter dans la prochaine partie.

III - Maquette technique: reproduction des usages des années 90

Pour étudier les différents usages passés du numérique, nous avons décidé de les mettre en pratique par le biais d'une "maquette technique" en complément de l'étude bibliographique.

1 - Méthode de travail et aspects juridiques

Nous avons choisi de centrer notre maquette technique sur la période du début des années 90. En effet, à cette époque l'informatique est déjà bien plus démocratisée que dans les années précédentes et la majorité des usages actuels sont déjà présents. Pour des raisons de reproductibilité, notre maquette est implémentée dans une machine virtuelle.

La réalisation de notre maquette a nécessité de se procurer différents logiciels de l'époque. Or, ceux-ci sont pour la majorité retirés de la vente depuis longtemps, et tombent dans le domaine dit de l'**abandonware**. Ce terme désigne les logiciels qui ne sont plus maintenus à jour par leurs créateurs pour différentes raisons : remplacés par des produits plus récents, plus d'ayant droit connus, abandon du projet... Dans ces conditions, il n'est plus possible de les obtenir commercialement. Des utilisateurs partagent donc leurs copies de ces logiciels sur des sites spécialisés. La pratique a très peu de contexte légal, il existe parfois des cadres légaux pour les logiciels "orphelins" [33], qui n'ont plus d'ayants-droits connus, mais cela ne couvre qu'une partie du domaine. En général, la pratique de l'abandonware est tolérée par les éditeurs de logiciels, et la communauté se fixe différentes règles, et notamment de retirer tout programme sur demande [14]. Dans le cadre de notre maquette, nous avons donc choisi de nous autoriser à utiliser les sites d'abandonware pour obtenir des copies de programmes.

2 - Choix du système d'exploitation

Nous avons fait le choix d'utiliser Windows 3.1 et DOS comme système d'exploitation. Au début des années 90, Windows est le système avec interface graphique le plus vendu [3]. Pour une question de temps, nous avons décidé de ne pas explorer d'autres systèmes de l'époque comme Macintosh ou UNIX.

Ainsi, dans notre machine virtuelle nous avons commencé par installer MS DOS 5.0. À cette époque, Windows n'est pas un système d'exploitation à part entière mais un shell graphique lancé par dessus DOS. Nous avons réglé notre VM à 32 Mo de RAM pour pouvoir expérimenter avec les programmes les plus exigeants en ressources (dans notre cas, Fallout, cf. III - 4), et 500 Mo de disque dur pour permettre d'installer tout ce dont nous aurions besoin. En effet, cette taille est plus que supérieure à la moyenne des disques du début des années 90 [24]. Pour plus de détails, voir l'Annexe III.

L'installation de DOS, comme celle de Windows, est assez simple. Il suffit d'insérer les disquettes d'installation lorsque le programme les demande. Sur la machine virtuelle, cela consiste à changer l'image lue par le lecteur virtuel. Chaque disquette est lue quasi-instantanément par la machine virtuelle, ce qui accélère le processus, mais le fait de devoir rester à côté de la machine pour changer les disquettes semble bien plus fastidieux qu'une installation moderne, surtout pour un programme de taille conséquente.

3 - Focus sur les usages bureautique: traitement de texte et tableur

L'un des premiers logiciels que nous avons installé sur la machine virtuelle est Microsoft Word pour Windows 3. Une fois lancé, l'interface et les fonctionnalités sont tout à fait similaires aux versions modernes de Word. On y retrouve toutes les options de mise en forme : changer de police, taille et couleur du texte, gras, italique et souligné... On peut y insérer des images (cf. III - 5 - B) et des tableaux. Il

Il y a aussi un correcteur orthographique et un correcteur grammatical, mais ces outils ne sont pas actifs pendant la rédaction, ils doivent être lancés après rédaction. Ils se lancent dans une nouvelle fenêtre et avancent sur chaque erreur trouvée dans le document. Ce système est plutôt inefficace dans le cas d'un document assez long, mais reste intéressant car chaque faute trouvée est accompagnée d'une explication de la règle grammaticale.

Pour le cas d'usage d'un logiciel de tableur, nous avons installé et testé Microsoft Excel. Cette version du logiciel est distribuée sur 10 disquettes, ce qui rend l'installation laborieuse et répétitive. Hormis ce point, et comme pour Word, le logiciel est très similaire à ses versions modernes, si bien que nous n'avons pas remarqué de différence notable.

4 - Focus sur le Jeu vidéo

Sorti en 1993, Doom est le jeu sur ordinateur personnel le plus célèbre de l'époque. C'est un des premiers jeux de tir dans un environnement en 3D temps réel texturé hors consoles. Le jeu requérant 8 Mo de RAM, il tourne sans difficulté sur notre machine virtuelle. Nous avons tout de même pu observer de légères saccades, mais celles-ci s'expliquent par le fait que nous utilisons le logiciel VirtualBox, qui n'est pas optimisé pour les jeux. En comparaison des jeux récents de la franchise, le jeu Doom 1 est assez limité. De par ses graphismes aux formes simples et textures basse résolution, mais aussi dans sa jouabilité. En 1993, impossible de lever la tête, et tous les niveaux de jeu sont sur un seul plan. Doom nous a aussi permis de remarquer deux problèmes sur notre machine virtuelle : d'un côté, l'absence de support souris, et d'un autre, l'absence totale de son sous DOS (cf. III - 5 - A).

Le problème de la souris est facilement réglé en installant un pilote de souris pour DOS (Windows en a un pré installé). Grâce à ce pilote, nous pouvons maintenant lancer SimCity. Le jeu est intéressant, car au lancement d'une partie, il est demandé de rentrer un code. Ce code se trouve sur une fiche fournie avec le manuel, dans la boîte du jeu. C'est un cas de protection anti-copie, et comme nous utilisons une copie sans manuel, impossible de jouer. Le jeu enchaîne des catastrophes naturelles rendant impossible la progression. Aujourd'hui, ces protections existent encore sous la forme de systèmes d'authentification de la copie en ligne.

Le dernier jeu que nous avons installé est Fallout, sorti en 1997. C'est hors de la période étudiée, mais il reste intéressant de le mentionner pour différentes raisons. D'abord, le jeu vient sur CD, pour une taille de plus de 500 Mo, soit plus que notre disque dur. Le jeu nous propose donc différentes options d'installation, pour limiter la place occupée. Une installation complète a le bénéfice théorique d'accélérer les temps de chargements, mais ce n'est pas un problème sur notre machine virtuelle. De plus, Fallout commence par une vidéo d'introduction, qui est un cas d'usage que nous n'avons pas traité. Enfin, le jeu a des voix et sons pré-enregistrés audibles, alors que tous nos autres jeux DOS sont parfaitement silencieux (cf. III - 5 - A).

5 - Focus sur le Multimédia

A - Son

Précédemment, nous avons évoqué l'absence de son dans certains jeux lancés sous DOS. Au contraire, Fallout et Windows au lancement produisent des sons sans problème. En creusant, nous avons pu découvrir que Windows 3.1 installe son propre pilote de son pour les fichiers wav, mais la musique de nos jeux est en midi et nécessite du matériel dédié. Le logiciel de notre machine virtuelle, VirtualBox, peut émuler une carte son adaptée, la carte SoundBlaster 16. Mais DOS requiert un pilote pour l'utiliser, et ce pilote vient sur CD.

Par défaut, notre machine virtuelle n'a pas de lecteur CD, mais VirtualBox peut l'émuler, il suffit de fournir un pilote à DOS. Celui-ci est sur disquette, mais son installation demande d'éditer des scripts de lancement de DOS, et notamment de fournir une adresse hexadécimale pour indiquer sur quelle interface trouver le lecteur. Une fois que tout est en place, en redémarrant la machine virtuelle, un disque D: apparaît.

Maintenant, nous pouvons insérer le CD d'installation et suivre les instructions du programme d'installation. Là encore il y a des adresses à donner, et éventuellement recommencer l'installation si l'adresse n'est pas bonne. Après installation, la machine virtuelle redémarre, et le son a complètement disparu, même sur Windows. Le CD du pilote contient un programme de diagnostic, et celui-ci nous indique qu'il manque une interface MIDI. Il s'avère que VirtualBox ne gère pas les interfaces MIDI, ce qui signifie que nos jeux DOS resteront muets. D'autres logiciels de machine virtuelle pourraient régler ce problème, comme DOSBox, plus orienté jeux vidéo. Pour la suite de notre travail, nous avons supprimé le pilote SoundBlaster et réinstallé le pilote par défaut de Windows.

Puisque le pilote de Windows accepte les fichiers wav, nous avons essayé d'en importer un récent pour essayer de le faire jouer avec l'utilitaire par défaut. Le fichier est reconnu et accepté dans le logiciel, mais impossible de le jouer, Windows ne donne aucune raison. Nous avons donc essayé un autre format, le MP3, avec le logiciel WinPlay. En important un MP3 récent, le logiciel ne le reconnaît pas et nous rejette simplement. Il nous est apparu que le format avait évolué dans ses métadonnées et leur placement depuis 1993. Nous avons donc essayé de les retirer, sans succès. Par manque de temps, nous n'avons pas pu finir d'explorer cette voie.

B - Image

Parmi les logiciels installés par défaut avec Windows, on peut trouver un logiciel de dessin pour créer des images au format bitmap. Nous avons donc cherché à importer une photo dans Windows 3.1. Le système supporte les images au format bitmap avec 4 bit de couleurs, soit 16 couleurs, et refuse donc nos photos modernes. Nous devons donc faire la conversion, en utilisant par exemple Microsoft Paint sur un ordinateur moderne. Une fois l'image adaptée, nous l'écrivons sur une image disquette avec linux, puis nous insérons cette image dans la machine virtuelle. L'image apparaît sans problème, peut être ouverte dans le logiciel de dessin et même être collée dans Word (cf. III - 3).

Par la suite, nous avons essayé d'importer un bitmap avec 24 bits de couleurs, soit environ 17 millions. L'image peut être ouverte, mais est convertie en noir et blanc avec des points de couleurs à différents endroits.

Au travers de cette maquette, nous avons pu observer que sur les usages observés la grande majorité des fonctionnalités recherchées par les utilisateurs d'aujourd'hui sont déjà présentes. Les différences se font ressentir sur des points tels que l'apparence moins travaillée, la facilité d'accès à ces fonctionnalités, et surtout les difficultés d'installation de périphériques et de logiciels. La nécessité de devoir éditer des fichiers de configuration ou bien devoir changer plusieurs fois de disquettes lors d'une installation sont autant de freins aux utilisateurs les moins approfondis. Toutefois, avec les améliorations des logiciels récents sont apparus de nouveaux problèmes, que nous détaillerons dans la partie suivante.

IV - Discussion sur les performances des logiciels récents par rapport aux logiciels des années 90

Comme expliquée en introduction et par la loi de Moore, depuis le début du numérique, les performances des machines n'ont cessé d'augmenter de manière exponentielle jusqu'aux années 2010 où elles ont commencé à stagner. On peut estimer de cette manière que nos machines actuelles sont d'une certaine manière "1000 fois plus puissantes" que celle des années 90 sur la plupart des métriques (nombre de transistors, taille de la RAM et du disque dur, fréquence CPU...).

Nous avons donc fait la comparaison entre les performances requises de logiciels que nous avons utilisés dans notre maquette technique et des logiciels récents (cf. Annexe II). Nous avons pu trouver une tendance au bloatware qui confirme la loi de Wirth [35]. Cette loi affirme que l'augmentation des performances matérielles n'est pas forcément synonyme d'une augmentation de la rapidité des logiciels. Les logiciels récents ne sont effectivement pas plus rapides, voire moins rapides [11] que ceux des années 90 en plus de demander des configurations parfois excessives. On peut ajouter que selon l'écrivain Cory Doctorow, certains logiciels ne s'améliorent pas avec le temps, mais

deviendraient de moins en moins qualitatifs [8]. Toujours selon lui, ce phénomène qu'il appelle "*l'enshitification*" serait expliqué par les entreprises qui fournissent des produits/services de moins en moins bonnes qualités pour optimiser le profit.

V - Conclusion

En conclusion, suite à nos études bibliographiques sur les usages du numérique à travers l'histoire et notre maquette technique, nous avons pu répondre à une partie de la problématique posée en introduction. D'un côté, on peut dire que certains usages comme la bureautique sont restés semblables depuis les années 90. Il y a eu de nombreux progrès logiciels qui ne sont pas toujours liés aux performances du matériel, comme par exemple le plug and play, certaines standardisations ou l'amélioration de l'expérience et l'interface utilisateur. Dans les logiciels actuels, on observe également une tendance au bloatware et les fonctionnalités proposées ne semblent pas toujours justifier les configurations systèmes. On peut donc estimer qu'il serait possible de garder les usages grand public actuels dans un scénario de décroissance numérique. Cependant, la diminution des performances remettrait en question la présence de certaines fonctionnalités de ces usages, notamment celles qui reposent sur le réseau, le streaming ou les interfaces et graphismes hautes définitions.

Par contre, dans nos contributions nous n'avons pas abordé certains usages importants comme la navigation sur les réseaux sans fils ou la vidéo. Nous n'avons pas non plus abordé les usages hors du domaine du grand public tel que le domaine professionnel par exemple. Aussi, la reproduction de certains usages comme l'écoute de son n'ont pas abouti. Ces sujets seront donc à traiter dans de futures contributions à cette problématique. Enfin, l'étude du passé n'est qu'une première étape dans la recherche d'une réponse à notre problématique.

VI - Références

- [1] O. Chiang, « [10 years of popcap games beyond bejeweled](#) », Forbes, 2010
- [2] « [1978 New England Digital Synclavier](#) », MIX, 2006
- [3] [library.microsoft.com/msinfo/mshist/1993.htm](#), Microsoft, [archivé](#) en 1996
- [4] R. A. Allan, « [A Bibliography of the Personal Computer](#) », 2005
- [5] « [A brief history of GarageBand](#) », Future Music, 2011
- [6a] P. E. Ceruzzi, A New History of Modern Computing, p. 9, 2021
- [6b] P. E. Ceruzzi, A New History of Modern Computing, p. 29 p. 3 p. 55, 2021
- [6c] P. E. Ceruzzi, A New History of Modern Computing, p. 208, 2021
- [6d] P. E. Ceruzzi, A New History of Modern Computing, p. 167, 2021
- [6e] P. E. Ceruzzi, A New History of Modern Computing, p. 10, 2021
- [6f] P. E. Ceruzzi, A New History of Modern Computing, p. 11, 2021
- [6g] P. E. Ceruzzi, A New History of Modern Computing, p.14, 2021
- [7] « [Business Computing: the Second 50 Years](#) », LEO, 2004, [archivé](#) en 2011
- [8] C. Doctorow, « [Commentary: Cory Doctorow: Social Quitting](#) », LOCUS, 2023
- [9] T. Kiyoshi, « [Comment le japon devint « la grande puissance du jeu vidéo » \(1\)](#) », nippon.com, 2012
- [10] « [Computer History: All About the ENIAC](#) », HP, consulté en 02/2025
- [11] D. Luu, « [Computer latency: 1977-2017](#) », consulté en 02/2025
- [12] « [Computer Space](#) », the strong, 2023
- [13] D. Tweney, « [Dec. 9, 1968: The Mother of All Demos, Wired](#) », 2008, [archivé](#) en 2013
- [14] « [Définition de l'abandonware](#) », abandonware france, consulté en 02/2025
- [15] DF, « [De quand date le premier logiciel de traitement de texte](#) », 01net, 2008
- [16] « [Disassembled](#) », CVGA, 2013
- [17] D. Murphy, « [Éditeur de texte TECO](#) », Murphy's Place, 2022
- [18] H. Mccracken, « [Fifty Years of BASIC, the Programming language That Made Computers Personal](#) », Time, 2014

- [19] P. Binant, « [Fondements de la projection](#) », TK-21, 2020
- [20] J. Angus B. Gale, « [From disk to disc: how CD-R immortalizes your data in plastic](#) », p.88, InfoWorld, 1994
- [21] P. Mulholland, « [Gamers prepare for cloud computing power-up](#) », Financial Times, 2021
- [22] « [Histoire d'instruments : le Synthétiseur](#) », Philharmonie de Paris, consulté en 02/2025
- [23] « [Histoire parallèle de l'informatique et des entreprises](#) », cigref, 2017
- [24] « [History \(1997\)](#) », Computer Data Storage Newsletter 113, 1997
- [25] E. Jouglà, « [Il était une fois la musique sur ordinateur \(histoire\)](#) », Piano Web, 2022
- [26] R. Alfred, « [June 24, 1993: Concert Goes Live on Net June 24, 2000: President Goes Live on Net](#) », Wired, 2009, [archivé](#) en 2014
- [27] J. P. Figer, « [L'avènement du multimédia](#) », La Jaune et la Rouge 550, 1999
- [28] « [L'histoire du traitement de texte](#) », Traitement de texte gratuit, 2024
- [29] « [Le calculateur électronique à tubes électroniques Bull Gamma 3](#) », collection Bull-FEBB, consulté en 02/2025
- [30] T. H. Nelson, « [Literary Machines](#) », Mindful Press, 1981
- [31] C. Bateman, « [Meet Bertie the Brain, the world's first arcade game, built in Toronto](#) », Spacing, 2014
- [32] M. Lacombe, P. Kieffer, « Nos jeux vidéo » : 70 - 90, p.13, Hors collection, 2011
- [33] Orphan works - « [Frequently asked questions](#) », Commission Européenne, 2012
- [34] J. Staples, « [Our first computer turns 75 today!](#) », CSIRO, 2024
- [35] N. Wirth, « A Plea for Lean Software », Computer vol. 28 no. 2, p.64-68, 1995
- [36] R. Pardo, « [Rene Pardo](#) », Rene Pardo, 2022
- [37] « [Rene Pardo & Remy Landau](#) », HistoryofInformation.com
- [38] Laurent, « [Les origines d'un des tout premiers jeux vidéo](#) », Grospixels, 2001
- [39] « [The Ibm 701 Series Computing Comes to Business](#) », [archivé](#) en 2022
- [40] Nicolas Rogès, « [The history of music streaming](#) », 2023
- [41] Adma Corsetti, « [The history of PC Games: everything we know](#) », 2022
- [42] J. Booton, « The rise and fall of the PC in one chart », MarketWatch, 2016
- [43] Matt Fox, « The Video Games Guide: 1,000+ Arcade, Console and Computer Games », McFarland, 2013
- [44] Smith, Alexander, « They Create World: The Story of the People and Companies That Shaped the Video Game Industry », Akalabeth, 2019
- [45] SACEM Université, « [Une brève histoire de la musique assistée par ordinateur](#) », Usbek & Rica, 2019
- [46] Ioana Grigorescu, « [Vendre votre jeu indépendant en ligne](#) », Paypro Global, 2023
- [47] « [Visicalc '79](#) », Creative Computing Volume 10 Number 11, 1984
- [48] « [Word processing timeline](#) », Web Extra, consulté 02/12/2025

Annexes

I - Références alternatives

Ces liens wikipedia nous ont servi de point de départ à certains aspects du sujet, et sont inclus ici à destination de nos successeurs sur cette problématique.

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_games#2010s
- [2] https://fr.wikipedia.org/wiki/Musique_assist%C3%A9e_par_ordinateur#
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/Micral>
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/J._Lyons_and_Co
- [9] https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_du_jeu_vid%C3%A9o#Ann%C3%A9es_1980
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/The_Mother_of_All_Demos
- [15] https://fr.wikipedia.org/wiki/Traitement_de_texte#Les_premiers_PC
- [20] <https://fr.wikipedia.org/wiki/CD-ROM>
- [31] https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_du_jeu_vid%C3%A9o#Jeu_vid%C3%A9o_Professionnel
- [32] https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_du_jeu_vid%C3%A9o#Pong
- [36] [47] https://fr.wikipedia.org/wiki/Tableur#De_la_feuille_de_calcul_au_tableur
- [39] https://fr.wikipedia.org/wiki/IBM_701
- [44] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_video_games#The_first_arcade_video_games_and_home_consoles

II - Configurations des logiciels récents et ceux des années 90

Windows 3.1 - 1992

Windows 3.1	
CPU	80286 processor for standard mode, 80386 for enhanced mode
RAM	1 MB of memory (640 KB of conventional memory)
Storage	A hard disk with at least 6.5 MB of free space (8 MB for enhanced mode users), and at least one floppy disk drive
Video	VGA adapter

https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_3.1

Word 6.0 et Excel 5.0 - 1993

System Requirements

PC Windows 3.1		PC Windows NT 3.1	
Required CPU	386	Required CPU	386
Required RAM	4MB	Required RAM	4MB
Req. Hard Drive	5MB Free	Req. Hard Drive	5MB Free
Requires Mouse	Yes	Requires Mouse	Yes
Rec. Hard Drive	25	Rec. Hard Drive	25
Supported Video	EGA VGA	Supported Video	EGA VGA

[http://elisoftware.org/w/index.php/Microsoft_Word_6.0_Upgrade_\(PC,_1.44MB_3_1/2%22_Disk\)_Microsoft_-_1993_USA,_Canada_Release#System_Requirements](http://elisoftware.org/w/index.php/Microsoft_Word_6.0_Upgrade_(PC,_1.44MB_3_1/2%22_Disk)_Microsoft_-_1993_USA,_Canada_Release#System_Requirements)

Suite Office - 2024

Component	Window requirements	macOS requirements
Applicable and editions	Office Home 2024	Office Home for Mac 2024
	Office Home & Business 2024	Office Home & Business for Mac 2024
	All Office 2024 apps included in suites or offered as standalones	All Office 2024 apps included in suites or offered as standalones
Computer and processor	1.1 GHz or faster, 2-core	Intel or Apple Silicon (As supported by the three most recent versions of macOS.)
Memory	4 GB RAM	4 GB RAM
Hard disk	4 GB of available disk space	10 GB of available disk space
Display	1280 x 768 screen resolution (64-bit Office required for 4K and higher)	1280 x 800 screen resolution
Graphics	Graphics hardware acceleration requires a Direct3D 9.1 or higher graphics adapter, with a WDDM 1.3 or higher graphics driver	Not applicable

https://support.microsoft.com/en-us/topic/office-suites-for-individuals-and-families-4121881c-a319-41e8-8c42-230d17b44c43#bkmk_o24cons

SimCity - 1989

DOS	Windows 3.x	Windows	Mac OS (Classic)
Minimum			Recommended
Operating system (OS)	3.1		6.2
Processor (CPU)	Intel 386SX		Intel 486
System memory (RAM)	570 KB		2 MB
Hard disk drive (HDD)	2 MB		
Video card (GPU)	16-bit SVGA graphics card		

[https://www.pcgamingwiki.com/wiki/SimCity_\(1989\)](https://www.pcgamingwiki.com/wiki/SimCity_(1989))

Fallout - 1997

DOS	Windows	Mac OS (Classic)	macOS
Minimum			
Operating system (OS)	5.0		
Processor (CPU)	Intel Pentium		
System memory (RAM)	32 MB		
Hard disk drive (HDD)	10 MB		
Video card (GPU)	SVGA		

<https://www.pcgamingwiki.com/wiki/Fallout>

SimCity - 2013

Here are the *SimCity* System Requirements (Minimum)

- **CPU:** AMD Athlon 64 X2 Dual-Core 4000+ or better or Intel Core 2 Duo Processor 2.0 GHz or better
- **CPU SPEED:** Info
- **RAM:** 2 GB
- **VIDEO CARD:** ATI Radeon HD 2x00 or better /nVidia GeForce 7800 or better /Intel Series 4 integrated graphics or better
- **DEDICATED VIDEO RAM:** 256 MB
- **PIXEL SHADER:** 3.0
- **VERTEX SHADER:** 3.0
- **OS:** Windows XP/Vista/7
- **FREE DISK SPACE:** 10 GB
- **SOUND CARD:** Yes



SimCity Recommended Requirements

- **CPU:** Intel Core i5 or faster
- **CPU SPEED:** Info
- **RAM:** 4 GB
- **VIDEO CARD:** nVidia GTX 275 or better, or ATI 5850 or Better
- **DEDICATED VIDEO RAM:** 896 MB
- **PIXEL SHADER:** 4.0
- **VERTEX SHADER:** 4.0
- **OS:** Windows 7
- **FREE DISK SPACE:** 10 GB
- **SOUND CARD:** Yes

<https://www.systemrequirementslab.com/cyri/requirements/simcity/11506>

Fallout 76 - 2018

Here are the *Fallout 76* System Requirements (Minimum) *Fallout 76* Recommended Requirements

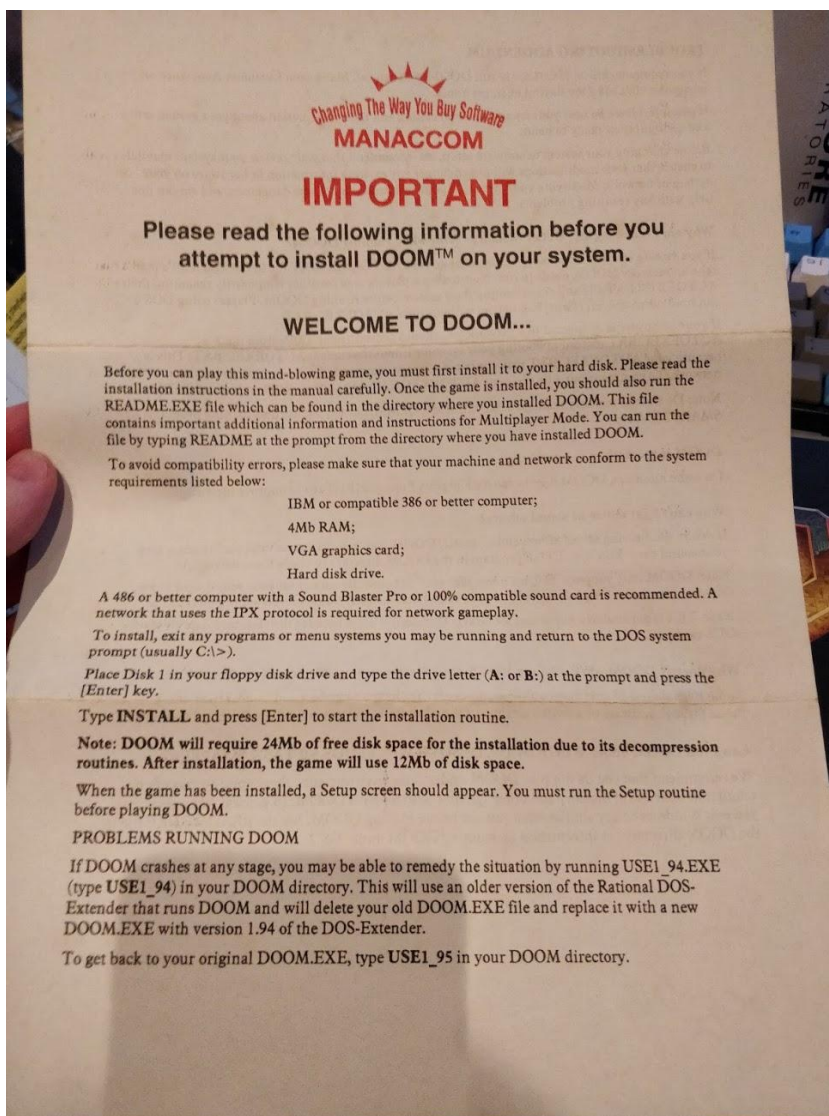
- **CPU:** Intel Core i5-6600K 3.5 GHz / AMD Ryzen 3 1300X 3.5 GHz or equivalent
- **CPU SPEED:** Info
- **RAM:** 8 GB
- **VIDEO CARD:** NVIDIA GTX 780 3GB/AMD Radeon R9 285 2GB or equivalent
- **DEDICATED VIDEO RAM:** 3 GB (2GB AMD)
- **PIXEL SHADER:** 5.0
- **VERTEX SHADER:** 5.0
- **OS:** Windows 7/8/10 (64-bit OS required)
- **FREE DISK SPACE:** 60 GB



- **CPU:** Intel Core i7-4790 3.6 GHz / AMD Ryzen 5 1500X 3.5 GHz
- **CPU SPEED:** Info
- **RAM:** 8 GB
- **VIDEO CARD:** Nvidia GTX 970 4GB / AMD R9 290X 4GB
- **DEDICATED VIDEO RAM:** 4096 MB
- **PIXEL SHADER:** 5.1
- **VERTEX SHADER:** 5.1
- **OS:** Windows 7/8/10 (64-bit OS required)
- **FREE DISK SPACE:** 60 GB

<https://www.systemrequirementslab.com/cyri/requirements/fallout-76/17849>

Doom - 1993



https://www.reddit.com/r/gaming/comments/a4yi5t/original_doom_system_requirements_from_my_25_year/#lightbox

Doom: The Dark Age - 2025

MINIMALE :	RECOMMANDÉE :
Système d'exploitation et processeur 64 bits nécessaires	Système d'exploitation et processeur 64 bits nécessaires
Système d'exploitation : Windows 10 64-Bit / Windows 11 64-Bit	Système d'exploitation : Windows 10 64-Bit / Windows 11 64-Bit
Processeur : AMD Zen 2 or Intel 10th Generation CPU @3.2Ghz with 8 cores / 16 threads or better (examples: AMD Ryzen 7 3700X or better, or Intel Core i7 10700K or better)	Processeur : AMD Zen 3 or Intel 12th Generation CPU @3.2Ghz with 8 cores / 16 threads or better (examples: AMD Ryzen 7 5700X or better, or Intel Core i7 12700K or better)
Mémoire vive : 16 GB de mémoire	Mémoire vive : 32 GB de mémoire
Graphiques : NVIDIA or AMD hardware Raytracing-capable GPU with 8GB dedicated VRAM or better (examples: NVIDIA RTX 2060 SUPER or better, AMD RX 6600 or better)	Graphiques : NVIDIA or AMD hardware Raytracing-capable GPU with 10GB dedicated VRAM or better (examples: NVIDIA RTX 3080 or better, AMD RX 6800 or better)
Espace disque : 100 GB d'espace disque disponible	Espace disque : 100 GB d'espace disque disponible
Notes supplémentaires : 1080p / 60 FPS / Low Quality Settings, NVME SSD storage required	Notes supplémentaires : 1440p / 60 FPS / High Quality Settings, NVME SSD storage required

https://store.steampowered.com/app/3017860/DOOM_The_Dark_Ages/

Résumé et comparaison des configurations minimales

Word et Excel / Office

	Processeur	RAM	Espace Disque
Word 6.0 et Excel 5.0 - 1993	Intel 386	4MB	5MB
Suite Office - 2024	1.1 GHz or faster, 2-core	4 GB	4 GB

Doom

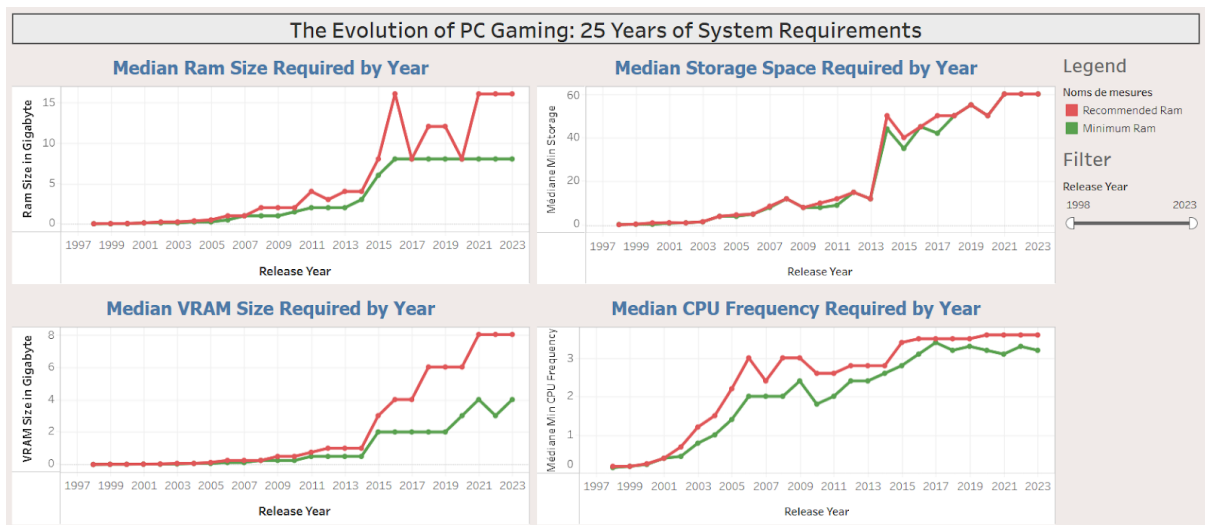
	Processeur	RAM	Espace Disque
Doom - 1997	Intel 386	4MB	12MB
Doom: The Dark Age - 2025	AMD Zen 2 or Intel 10th Generation CPU @3.2Ghz with 8 cores / 16 threads or better	16 GB	100 GB

Simcity

	Processeur	RAM	Espace Disque
Simcity - 1989	Intel 386	570 KB - 2MB	2 MB
Simcity - 2013	AMD Athlon 64 X2 Dual-Core 4000+ or better or Intel Core 2 Duo Processor 2.0 GHz or better - Intel Core i5 or faster	2 GB - 4GB	10 GB

Fallout

	Processeur	RAM	Espace Disque
Fallout - 1997	Intel Pentium	16MB - 32 MB	10 MB
Fallout 76 - 2018	Intel Core i5-6600K 3.5 GHz / AMD Ryzen 3 1300X 3.5 GHz or equivalent - Intel Core i7-4790 3.6 GHz / AMD Ryzen 5 1500X 3.5 GHz	8 GB	60 GB



<https://public.tableau.com/app/profile/mahmoud1925/viz/TheEvolutionofPCGaming25YearsofSystemRequirements/Dashboard1>

III - Configuration VM

La machine virtuelle (VM) de la maquette technique (cf. partie III du rapport) est réalisée avec le logiciel VirtualBox.

La machine est configurée avec un seul processeur, 32 Mo de mémoire vive.

Trois lecteurs sont configurés, un lecteur de disquette, un lecteur de type disque dur et un lecteur de disques optiques. Le disque dur a 500 Mo d'espace.

La carte son configurée est la SoundBlaster 16.

Le système d'exploitation choisi est MS DOS 5.0 en français. Dans DOS, nous avons installé Windows 3.1, en français également. Les disques d'installation utilisés sont liés ici sur un site d'abandonware.

MS DOS 5.0 : <https://winworldpc.com/download/7dd026e3-b78a-11e7-b8e6-fa163e9022f0>

Windows 3.1 : <https://winworldpc.com/download/137ec3af-055e-4011-c3a7-c29d25525400>

IV - Liste des logiciels VM

Liste des logiciels utilisés dans notre maquette technique. Les liens vers des sites d'abandonware sont fournis pour permettre de reproduire la configuration.

Bureautique

Microsoft Word 6.0a : <https://winworldpc.com/download/52c2aec5-9227-49c2-a911-c3a7c29d2552>

Microsoft Excel 5.0 : <https://winworldpc.com/download/a2b6b2a9-b6c4-11e7-b8e6-fa163e9022f0>

Jeux vidéo

SimCity : <https://winworldpc.com/download/c3bb306c-2fc2-ae73-11c3-a4c2ac5a5404>

Doom : <https://winworldpc.com/download/c2ae537f-664d-c2b9-11c3-a4c28d587054>

Fallout : <https://winworldpc.com/download/c2a0c5b8-1cc3-9247-e280-9411c3a4c28d>

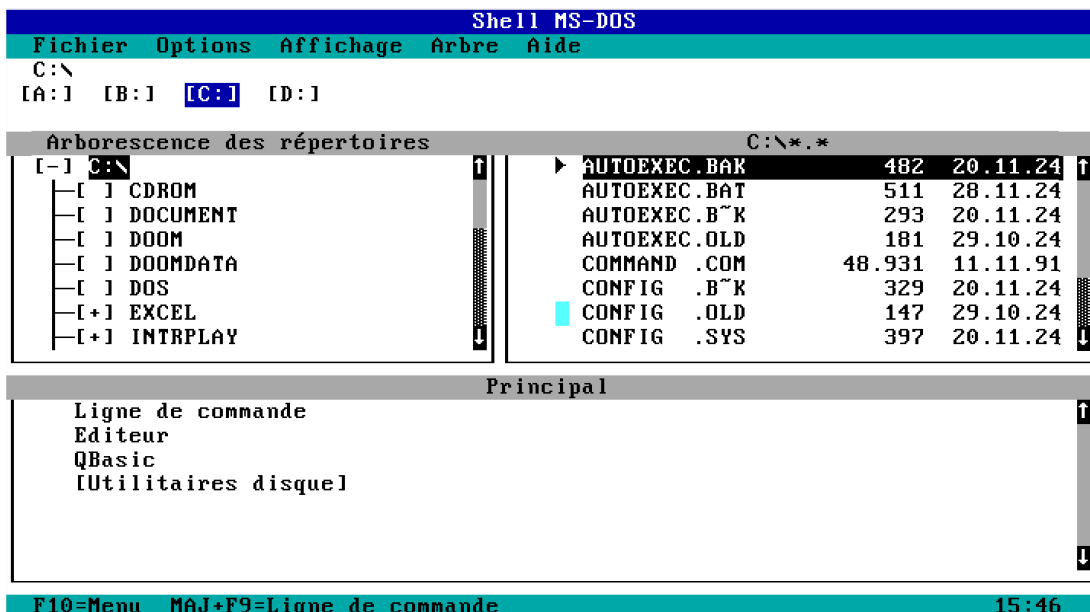
Écouter de la musique

WinPlay 3.0 : <https://winworldpc.com/download/4555c2b3-7618-c39a-11c3-a4e284a2c3a5>

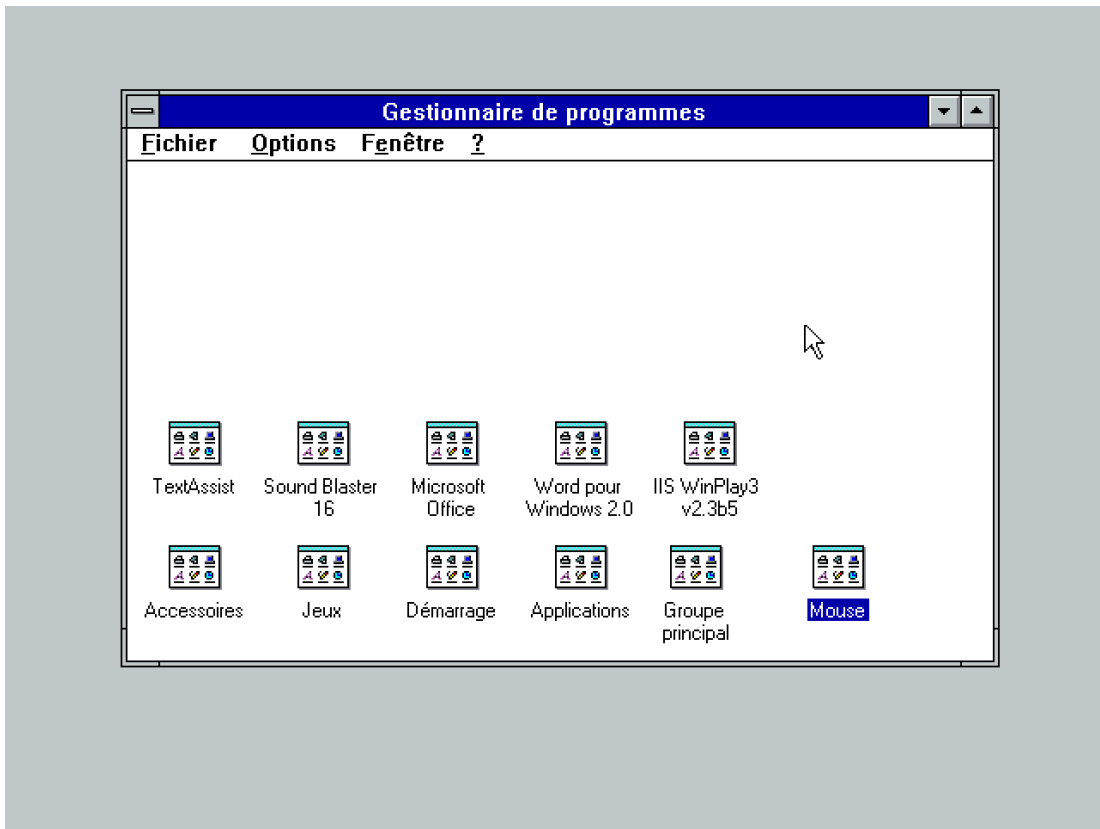
V - Captures d'écran VM

Système d'exploitation

DOS 5.0

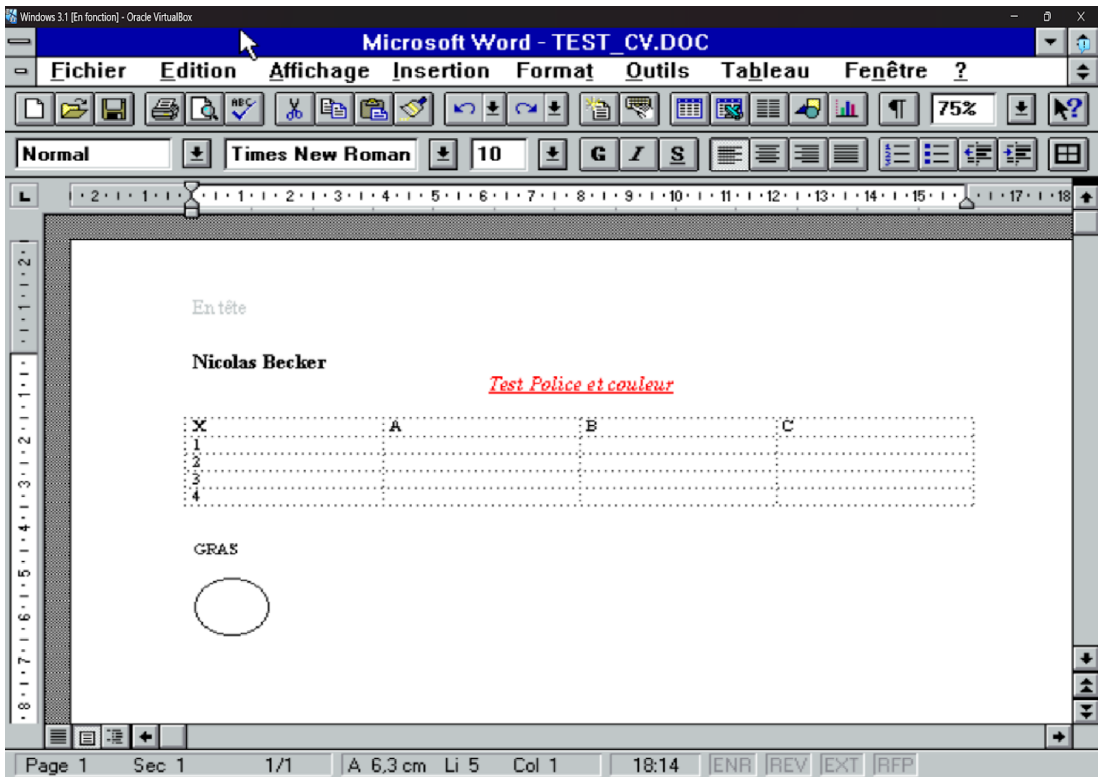


Windows 3.1

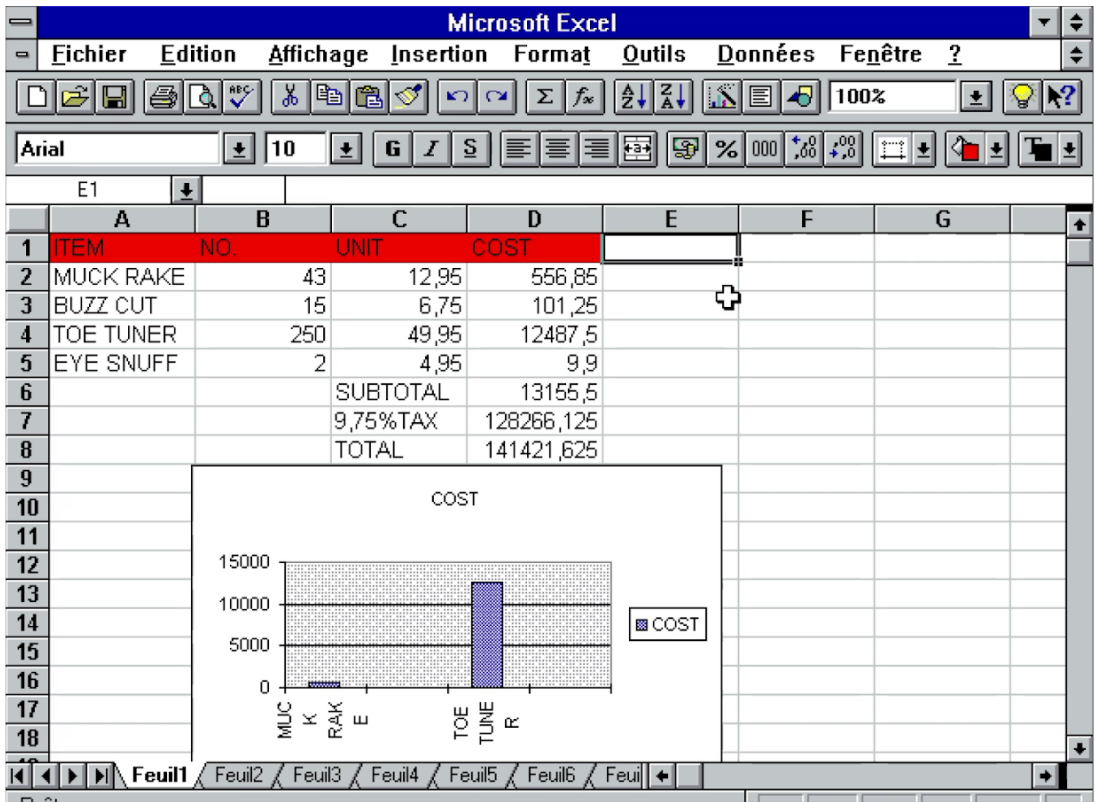


Bureautique

Word 6.0



Excel 5.0



Jeux vidéo

SimCity



Doom



Fallout



Écouter de la musique

WinPlay 3.0

