

Le QR code

Dans son ouvrage post mortem intitulé *Les pensées*, ouvrage publié en 1670, Blaise Pascal nous invite à réfléchir sur notre condition humaine : « *L'homme n'est qu'un roseau, le plus faible de la nature, mais c'est un roseau pensant. Il ne faut pas que l'univers s'arme pour l'écraser : une vapeur, une goutte d'eau, suffit pour le tuer. Mais, quand l'univers l'écraserait, l'homme serait encore plus noble que ce qui le tue, parce qu'il sait qu'il meurt, et l'avantage que l'univers a sur lui ; l'univers n'en sait rien. Toute notre dignité consiste donc en la pensée. C'est de là qu'il faut nous relever et non de l'espace et de la durée, que nous ne saurions remplir. Travaillons donc à bien penser : voilà le principe de la morale.* ».

Source : site
Wikipédia. Domaine public
Marbre d'Augustin Pajou (1785), musée du Louvre



Nous vous proposons de scanner avec votre téléphone portable le QR code ci-contre. Comme vous pourrez le constater, ce QR code permet d'afficher la citation de Blaise Pascal que nous avons écrite au paragraphe précédent. C'est donc par un usage non classique du QR code que débute cet article. Vous allez découvrir qu'un QR code peut nous permettre de conserver une information à laquelle nous aurons accès à partir d'un simple scan sans forcément avoir besoin d'une connexion à Internet. En d'autres termes, toute l'information est contenue dans le QR code, ce n'est pas le fait d'une quelconque conservation de cette information sur la toile.

La génération d'un QR code

Le site de l'académie de Versailles contient une page dédiée intitulée Edu QRcode <https://edu-qrcodes.ac-versailles.fr/> . Sur cette page et à partir de l'onglet DU TEXTE, vous avez accès à un recueil de données qu'il vous suffit de remplir. On peut ainsi copier-coller la citation de Blaise Pascal dans la fenêtre dédiée. En cliquant sur ENVOYER, le QR code est créé. Vous pouvez alors l'insérer à souhait dans tout document de votre choix.

Remarque : Il est à noter que le menu CONTACT permet d'obtenir un QR code qui fournit votre carte de visite.

Comprendre la fabrication d'un QR code

Pour comprendre comment est fabriqué un QR code, nous pourrions nous appuyer sur le QR code de la citation qui figure plus haut. Les explications pourraient s'avérer compliquées au regard du nombre de lettres qui constituent la citation de Blaise Pascal.

Afin de simplifier les explications, nous allons nous appuyer sur un QR code très simple qui lui est constitué de la seule lettre « a » minuscule. Vous pouvez le générer à partir du site de l'académie de Versailles mais par souci d'efficacité nous l'avons placé ci-contre. A première vue, on ne lit nulle part la lettre « a » minuscule lorsque l'on parcourt les petits carrés noirs ou blancs.



Analysons finement ce QR code pour en décrypter la construction.

Tout d'abord, nous avons un QR code de 21x21 en effet le côté du carré qui forme ce QR code a une longueur égale à celles de 21 petits carrés (noirs ou blancs) alignés, on parle de modules. Nous avons aussi trois grands carrés (encadrés en bleu sur la figure ci-contre), ces carrés permettent de signaler au logiciel de lecture comment positionner le QR code pour le lire ainsi une photographie prise de côté ne compromettra pas la lecture du QR code.



Il y a ensuite deux lignes de pointillés une verticale et une horizontale, lignes qui rejoignent ces carrés et qui délimitent des zones de lecture (ces lignes sont encadrées en vert sur la figure ci-contre).



Sur la figure ci-contre, nous avons fait exprès d'occulter une partie du QR code, cela n'empêche pas sa lecture. Pour arriver à une telle lecture malgré le fait que par exemple un QR code soit en partie abimé, la construction d'un QR code utilise la notion de code correcteur. Ainsi, si à un endroit donné du QR code une information est conservée, à un autre endroit un code correcteur est lui-aussi conservé. Ce code permettra en cas de besoin de retrouver ladite information.



Le niveau de correction est fourni sous la forme de deux pixels en 4 niveaux possibles qui vont d'un niveau faible (indiqué par 2 pixels noirs) à un niveau élevé (indiqué par 2 pixels blancs). Nous avons encadré ces pixels en orange, nous remarquons qu'ils sont fournis à deux endroits du QR code. On peut penser ici qu'au vu de la taille très faible du message à transmettre qui en l'occurrence est réduit à une lettre, le logiciel de construction du QR code a fait le choix d'avoir un nombre élevé de redondances (il y a de la place).



Construire un QR code consiste à remplir chaque module en lui affectant soit la couleur blanche, soit la couleur noire. Pour ce faire, on construit une chaîne de 0 et 1 qui fournit :

- **Le format des caractères du message**, il s'agit ici d'un caractère en minuscule d'où le code **0100** ;
- **La longueur du message** transformée en binaire puis écrite sur 8 bits. Nous avons ici une chaîne de longueur 1 qui s'écrit **0000001** sur 8 bits ;
- **Le code ASCII** de la seule lettre du message que l'on écrit lui aussi en binaire. Le code ASCII de la lettre « a » est 97 qui s'écrit **1100001** en binaire ce qui donne sur 8 bits **01100001** ;
- **Le code pour exprimer que l'on arrive à la fin** du message **0000** ;
- **Les codes de correction** que nous choisissons de ne pas aborder.

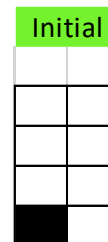
On obtient donc une chaîne qui commence par **01000000001011000010000...**

Cette chaîne est à présent découpée en octets (8 bits) : **01000000** **00010110** **00010000**

Nous pouvons voir un QR code comme une succession d'assemblages de 8 pixels (noirs ou blancs). Ces assemblages sont souvent de formes différentes. Les 3 octets **01000000** **00010110** **00010000** que nous avons à prendre en compte vont être placés comme l'indique la figure ci-contre.



Le 1 est codé par la couleur noire et le 0 est codé par la couleur blanche. Les couleurs sont reportées sur le QR code en partant de la case la plus basse à droite et en allant en zigzag. On obtient ainsi le quadrillage ci-contre qui rend compte de l'octet **01000000**.



Afin d'équilibrer les couleurs noires et blanches et de faciliter ainsi sa lecture, on applique ce que l'on appelle une trame, on parle aussi de masque ou de motif (en anglais) pattern. Cette trame appliquée à la fois à la construction et à la lecture, va permettre d'éviter des grandes plages toutes blanches ou toutes noires dans lesquelles le lecteur informatique du QR code risque de ne plus entrevoir les limites de chaque module.

Il y a plusieurs masques possibles et chacun d'eux est fourni par trois pixels que nous avons encadrés ci-contre en rouge sur notre QR code. Savoir quel est le masque utilisé est important car c'est ce masque qui va conditionner à la fois la construction et la lecture du QR code. En l'occurrence, le masque de notre QR code est fourni par les trois cases (Noir Blanc Noir), il correspond au damier dont la case située en bas à droite est noire (voir page suivante).



Le masque s'applique de la façon suivante : on plaque le masque sur la partie à travailler et on regarde chaque module. S'il est masqué par une case noire, sa couleur change. S'il est masqué par une case blanche, sa couleur reste inchangée.

Pour l'octet sur lequel nous sommes en train de travailler **01000000**, voici le résultat fourni par l'application du masque :

Initial		Trame		Résultat	
		■	■	■	■
		■	■	■	■
		■	■	■	■
■		■	■	■	■



On contrôle simplement que c'est bien ce qui figure dans notre QR code. Nous vous laissons retrouver les codes des deux octets surlignés en jaune et en vert que nous avons considérés ci-avant.

Conclusion

S'il est très facile d'obtenir un QR code en utilisant un site dédié comme nous l'avons fait au début de cet article, force est de constater que construire un QR code (à la main) en exploitant les données est nettement plus compliqué. Ceci étant, nous remarquons qu'il s'agit d'un processus parfaitement répétitif et qui dit répétitif dit la plupart du temps programmable. C'est ainsi qu'à côté de la page dédiée du site de l'académie de Versailles, on trouve sur la toile de nombreux sites (gratuits ou marchands) qui permettent d'obtenir en quelques clics un QR code.

Jean-Alain Roddier
IA-IPR de mathématiques