

Normes d'encodage des caractères

Nous avons vu que les nombres entiers et flottants sont codés en binaires, ainsi bien entendu que les booléens. Il en est de même pour les caractères. Cependant, *de nombreuses normes existent*. Les raisons en sont pour la plupart historiques, mais pas seulement. Nous regarderons dans ce cours trois de ces normes, dont la dernière - l'**unicode** - est aujourd'hui celle majoritairement utilisée.

1. Historiquement - la norme ASCII

À partir des années 1960, les ordinateurs commencent à être équipés d'un clavier et d'un rouleau pour imprimer les sorties. Il fut donc nécessaire de décider comment manipuler les caractères alphanumériques.

La décision fut prise de représenter *les caractères de l'alphabet anglais* sur un octet¹ de la manière suivante :

- les 7 octets de poids faible (les plus à droite) serviront à associer une valeur numérique à chaque caractère ;
- l'octet de poids fort (celui le plus à gauche) sera le **bit de parité** - une clé de contrôle.

Bit de parité

Les ordinateurs de cette époque étant peu fiables au niveau des transmissions et traitement des bits, il arrivait des erreurs lors du traitement des signaux et un octet `1101 1011` pouvait vite se transformer en `1001 1011` : les données étaient alors corrompues et le mauvais caractère affiché. Le **bit de parité** est un bit qui prenait la valeur 0 ou 1 selon la parité du nombre de 1 dans les 7 bits représentant le caractère.

Ainsi, si les 7 bits sont `101 1001`, le bit de parité est à `0`, et l'octet complet devient `0101 1001`. Si celui reçu est `0101 0001`, un simple calcul avec le bit de parité permet de constater que le traitement du signal est défectueux.

Il reste donc 7 bits pour encoder les caractères, soit $2^7 = 128$ possibilités. Ce codage est appelé *American Standard Code for Information Interchange*, soit **ASCII**, et est présenté dans la *table de jeu de caractères ASCII* ci-dessous :

| Base 16 | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|---------|--------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Base 2 | 0000 | 001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 | 1000 | 1001 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |
| 000 | 0000 | NUL | SOH | STX | ETX | EOT | ENQ | ACK | BEL | BS | HT | LF | VT | FF | CR | SO | SI |
| 001 | 0001 | DLE | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | NAK | SYN | ETB | CAN | EM | SUB | ESC | FS | GS | RS | US |
| 002 | 0010 | SP | ! | " | # | \$ | % | & | ' | (|) | * | + | , | - | . | / |
| 003 | 0011 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | : | ; | < | = | > | ? |
| 004 | 0100 | @ | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
| 005 | 0101 | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | [| \ |] | ^ | _ |
| 006 | 0110 | ` | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o |
| 007 | 0111 | p | q | r | s | t | u | v | w | x | y | z | { | | } | ~ | DEL |

La table ASCII contient 95 caractères imprimables :

- les chiffres de `0` à `9` ;
- les lettres minuscules de `a` à `z` et majuscules de `A` à `Z` ;
- des symboles mathématiques et de ponctuation.

Les 32 premiers caractères de `00` à `1F`, ainsi que le 128^e caractère `FF` ne sont pas imprimables, ils correspondent à des commandes de contrôle de terminaux informatiques (le caractère `FF` est la commande pour effacer le caractère précédent, le `07` provoque l'émission d'un signal sonore, etc).

Il faut différencier la notion de **jeu de caractère** (*Character set* en anglais) de celle de **police de caractère**. Dans une police de caractère, chaque *glyphe* est associé à un numéro correspondant à un caractère du **jeu de caractère**. Intrinsèquement, un ordinateur ne fait aucune différence entre deux glyphes de la même lettre.

Glyphes

Un **glyphe** est une représentation graphique d'un signe typographique, c'est-à-dire d'un caractère ou bien un idéogramme.



En Python

Énoncé

1. Pour obtenir un caractère correspondant à un code hexadécimal donné, il faut convertir en entier le nombre hexadécimal avec `int` puis passer par la fonction `chr` :

```
chr(int('0x41', 16))
```

Vérifiez avec quelques caractères. Comment faire à partir du code binaire ?

2. Testez `ord('A')`. Que renvoie cette fonction ?
3. Testez de même les fonctions `hex()` et `bin()`.

Réponses

A venir

Discussion

Enoncé

Quelles sont les limites de la norme ASCII ?

2. La norme ISO-8859

Dès la fin des années 60, alors que la qualité des ordinateurs s'améliore, il devient possible de bénéficier de l'octet de poids fort pour disposer de $2^8 = 256$ possibilités de codage. Les différents constructeurs d'ordinateurs se précipitent sur cette possibilité afin de palier aux défauts de l'ASCII, malheureusement sans se coordonner. Différentes normes voient le jour, appelées **ASCII étendues**, pour **la plupart incompatibles entre elles**. Par exemple IBM produit une table, la CP437, possédant des accents, ainsi que de nombreux symboles de tracés de boîtes - les interfaces graphiques n'existant pas encore sur ces machines :



ISO-8859 et ses variantes

Malgré tout, une norme arrive à être établie, l'**ISO-8859**, avec les conventions suivantes :

- le codage des caractères présents dans la tables `ASCII` est conservé (principe de **rétro-compatibilité**) ;
- on conserve le principe de caractères sur 1 octet, avec utilisation complète de 8 bits.

Plusieurs jeux de caractères coexistent alors :

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| A0 | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | AA | AB | AC | AD | AE | AF |
| B0 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | BA | BB | BC | BD | BE | BF |
| C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | CA | CB | CC | CD | CE | CF |
| D0 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | D7 | D8 | D9 | DA | DB | DC | DD | DE | DF |
| E0 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | EA | EB | EC | ED | EE | EF |
| F0 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | FA | FB | FC | FD | FE | FF |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 |
| 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 |
| 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 |
| 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 |
| 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 |
| 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 |
| 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 |
| 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 |

Le jeu occidental `ISO 8859-1`, aussi appelé **ISO-Latin-1**, a été le jeu par défaut du web avant d'être à son tour remplacé par l'**unicode**. La norme `ISO 8859-1` a été révisée en `ISO 8859-15` à la fin des années 1990 pour y ajouter de nouveaux caractères (comme le symbole €).

À noter que les efforts de normalisation ont parfois mené à des absurdités : pas moins de 5 normes `ISO 8859` différentes coexistent pour l'alphabet cyrillique...

Cependant, un problème majeur demeurerait : certaines langues, comme le chinois, ne pouvaient tout simplement pas être utilisées, le nombres de glyphes nécessaires étant bien supérieur à 256.

? Avec Python

Énoncé

Il est possible avec Python de basculer d'un jeu de caractère à un autre. Le principe est de récupérer l'octet correspondant à un caractère dans un *charmap*, et d'afficher le caractère correspondant dans le nouveau *charmap*. Pour cela on utilise les méthodes suivantes :

- `.encode(charmap)` : transforme une chaîne de caractère de la *charmap* passée en argument en une séquence d'octets ;
- `.decode(charmap)` : transforme une séquence d'octets en une chaîne de caractère de la *charmap* passée en argument.

Questions :

1. Tester l'encodage de la chaîne 'A' d'abord en `ASCII`, puis en `ISO8859-1`, puis en `ISO8859-5` et enfin en `CP437`. Que constate-t-on ?
2. Faire de même avec la chaîne 'é'. Que constate-t-on ?
3. A quels caractères correspond l'octet dont le code Python est `b'\xe7'` selon l'encodage utilisé :
 - a. en `Latin-1` ?
 - b. en `CP437` ?
 - c. en `ISO8859-5` ?
4. Quel est le code Latin-1 correspondant à la lettre 'œ' ? Quel est le problème ?

Réponses

A venir !

3. L'encodage unicode UTF-8

i Naissance d'Unicode

Internet naissant, les problèmes liés aux différents encodages ont augmentés exponentiellement (et perdurent toujours aujourd'hui sur certains logiciels). La solution trouvée est le standard **unicode**, né au début des années 1990.

L'objectif de cette norme est triple :

- Rétro-compatibilité avec `ASCII`, et en grande partie avec `ISO8859-1` ;
- Gestion d'un plus grand nombre de caractères ;
- Affichage de textes bi-directionnels.



Un des formats d'encodage de l'unicode, et le plus utilisé, est l'**UTF-8** pour «8-Bit Universal Character Set Transformation Format ». L'UTF-8 code les caractères en utilisant jusqu'à 4 octets. Il attribue à chaque caractère unicode existant une séquence de bits précise. La force de cette norme est de **ne pas forcément utiliser 4 octets**. La table `ASCII` est d'ailleurs codée sur 1 seul octet (8 bits), pour garantir la rétro-compatibilité.

En `utf-8`, chaque caractère est représenté sous la forme d'un bloc `U+xxxx` (où `xxxx` est un hexadécimal de 4 à 6 chiffres, entre `U+0000` et `U+10FFFF`). La plage ainsi définie permet d'attribuer jusqu'à 1 114 112 caractères. À l'heure actuelle, on recense environ 130 000 caractères dans unicode.

Pour savoir combien d'octets on va utiliser les bits de poids fort du premier octet (celui de gauche) et pour savoir qu'un octet est la suite du précédent on commence par 10 :

| Codes | Qté | Encodage en UTF-8 | Caractères dans cet intervalle |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| jusqu'à U+007F | $2^7 - 1 = 127$ | 0bbbbbbb | latin de base (ASCII) |
| jusqu'à U+07FF | $2^{11} - 1 = 2047$ | 110bbbb 10bbbbbb | alphabets d'Europe et du Moyen-Orient |
| jusqu'à U+FFFF | $2^{16} - 1 = 65535$ | 1110bbbb 10bbbbbb 10bbbbbb | La quasi-totalité des alphabets actuels |
| jusqu'à U+10FFFF | $2^{21} - 1 \simeq 2 \times 10^6$ | 11110bbb 10bbbbbb 10bbbbbb 10bbbbbb | tous les caractères |

Cette norme permet donc d'être rapide pour les alphabets courants. Elle présente le défaut de ne pas pouvoir aller directement chercher le 10^e caractère d'une phrase puisque le nombre d'octets par lettre est variable. L'UTF-16, lui, est codé sur 4 octets ou 2 octets en fonction du code du caractère. La norme UTF-32 utilise, elle, 32 bits en permanence. Cela consomme bien plus de mémoire, mais permet de trouver très rapidement le x-ième caractère d'une chaîne de caractères.

«L'UTF-8 est utilisé par 82,2% des sites web en décembre 2014, puis 87.6% en 2016 et enfin 95,2% en octobre 2020»^[^UTF8].

Par sa nature, UTF-8 est d'un usage de plus en plus courant sur Internet, et dans les systèmes devant échanger de l'information.

Il s'agit également du codage le plus utilisé dans les systèmes GNU/Linux et compatibles pour gérer le plus simplement possible des textes et leurs traductions dans tous les systèmes d'écritures et tous les alphabets du monde.

Concrètement, **UTF-8 est utilisé par quasi tous les serveurs Web**. Aujourd'hui, il n'y a plus de questions à se poser : **choisissez systématiquement l'encodage utf-8 pour vos travaux**, et comme *explicit is better than implicit*, comme dit le zen de Python, expliquez clairement dans tous vos codes l'encodage utilisé :

- en HTML :

```
<meta charset="utf8">
```

- au début d'un script Python, avec le **shebang** :

```
#!/usr/bin/env python3
```

? Jouer avec les encodages

Énoncé

1. On considère la liste Python suivante : `[233, 112, 97, 116, 97, 110, 116, 32, 33]`. Quel est le message caché ?
2. En HTML :

a. Créez une page vide en HTML avec la code suivant dans Notepad++, en vérifiant que l'encodage est bien UTF-8 :

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="fr">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title> Nombreux accents </title>
  </head>
  <body>

  </body>
</html>
```

b. Insérez la phrase suivante dans le corps du document :

Portez ce vieux whisky au juge blond qui fume sur son île intérieure, à côté de l'alcôve ovoïde, où les bûches se consument dans l'âtre, ce qui lui permet de penser à la cœnogénèse de l'être dont il est question dans la cause ambiguë entendue à Moÿ, dans un capharnaüm qui, pense-t-il, diminue çà et là la qualité de son œuvre.

- c. Ouvrez ensuite le fichier dans un navigateur. L'affichage est-il correct ?
- d. Remplacez maintenant la ligne `<meta charset="utf-8">` par la ligne `<meta charset="iso-8859-1">`.
- e. Actualisez la page. Que se passe-t-il ?
- f. Ouvrez maintenant le fichier HTML avec le logiciel `HexEditorNeo`. Que retrouve-t-on ?

Réponses

A venir !

1. En fait la première table créée était exactement sur 7 bits, le bit de parité ne fut utilisé que lorsque le standard 8 bits fut généralisé. ↩
2. source [wikipedia](#) ↩