

RFC 7049 : Concise Binary Object Representation (CBOR)

Stéphane Bortzmeyer

<stephane+blog@bortzmeyer.org>

Première rédaction de cet article le 24 octobre 2013

Date de publication du RFC : Octobre 2013

<https://www.bortzmeyer.org/7049.html>

Il existait un zillion de formats binaires d'échange de données ? Et bien il y en a désormais un zillion plus un. CBOR ("*Concise Binary Object Representation*") est un format qui utilise un modèle de données très proche de celui de JSON, mais est encodé en binaire, avec comme but principal d'être simple à encoder et décoder, même par des machines ayant peu de ressources matérielles. (Il a depuis été remplacé par le RFC 8949¹.)

Parmi les autres formats binaires courants, on connaît ASN.1 (plus exactement BER ou DER, utilisés dans plusieurs protocoles IETF) ou MessagePack mais ils avaient des cahiers des charges assez différents (l'annexe E du RFC contient une comparaison). CBOR se distingue d'abord par sa référence à JSON (RFC 8259), dont le modèle de données sert de point de départ à CBOR, puis par le choix de faciliter le travail des logiciels qui devront créer ou lire du CBOR. CBOR doit pouvoir tourner sur des machines très limitées. Par contre, la taille des données encodées n'est qu'une considération secondaire (section 1.1 du RFC pour une liste prioritisée des objectifs de CBOR). Quant au lien avec JSON, l'idée est d'avoir des modèles de données suffisamment proches pour qu'écrire des convertisseurs CBOR- \rightarrow JSON et JSON- \rightarrow CBOR soit assez facile, et pour que les protocoles qui utilisent actuellement JSON puissent être adaptés à CBOR sans douleur excessive.

La spécification complète de CBOR est en section 2 de ce RFC. Chaque élément contenu dans le flot de données commence par un octet dont les trois premiers bits indiquent le **type majeur**. Les cinq suivants donnent des détails. Ce mécanisme permet de programmer un décodeur CBOR avec une table de seulement 256 entrées (l'annexe B fournit cette table et l'annexe C un décodeur en pseudo-code très proche de C). Si la valeur que codent ces cinq bits suivants est inférieure à 24, elle est utilisée telle quelle. Sinon, cela veut dire que les détails sont sur plusieurs octets et qu'il faut lire les suivants (la valeur des cinq bits codant la longueur à lire). Selon le type majeur, les données qui suivent le premier octet sont

1. Pour voir le RFC de numéro NNN, <https://www.ietf.org/rfc/rfcNNN.txt>, par exemple <https://www.ietf.org/rfc/rfc8949.txt>

une valeur (c'est le cas des entiers, par exemple) ou bien un doublet {longueur, valeur} (les chaînes de caractères, par exemple). L'annexe A de notre RFC contient de nombreux exemples de valeurs CBOR avec leur encodage.

Quels sont les types majeurs possibles ? Si les trois premiers bits sont à zéro, le type majeur est un entier non signé. Si les cinq bits suivants sont inférieurs à 24, c'est la valeur de cet entier. S'ils sont égaux à 24, c'est que l'entier se trouve dans l'octet suivant l'octet initial, s'ils sont égaux à 25, que l'entier se trouve dans les deux octets suivants, et ainsi de suite (31 est réservé pour les tailles indéterminées, décrites plus loin). L'entier 10 se représentera donc 00001010, l'entier 42 sera 00011000 00101010, etc. Presque pareil pour un type majeur de 1, sauf que l'entier sera alors signé, et négatif. La valeur sera -1 moins la valeur encodée. Ainsi, -3 sera 00100010. Vous voulez vérifier ? L'excellent terrain de jeu <http://cbor.me> vous le permet, essayez par exemple <http://cbor.me?diag=42>.

Le type majeur 2 sera une chaîne d'octets. La longueur est codée d'abord, en suivant la même règle que pour les entiers. Puis viennent les données. Le type 3 indique une chaîne de caractères et non plus d'octets. Ce sont forcément des caractères Unicode, encodés en UTF-8 (RFC 3629). Le champ longueur (codé comme un entier) indique le nombre d'octets de l'encodage UTF-8, pas le nombre de caractères (pour connaître ce dernier, il faut un décodeur UTF-8). Vous voulez des exemples ? Connectez-vous à <http://www.cbor.me/?diag=%22lait%22> et vous voyez que la chaîne « lait » est représentée par 646c616974 : 64 = 01100100, type majeur 3 puis une longueur de 4. Les codes ASCII suivent (rappelez-vous qu'ASCII est un sous-ensemble d'UTF-8). Avec des caractères non-ASCII comme <http://www.cbor.me/?diag=%22caf%C3%A9%22>, on aurait 656361666c3a9 (même type majeur, longueur 5 octets, puis les caractères, avec c3a9 qui code le é en UTF-8).

Le type majeur 4 indique un tableau. Rappelez-vous que CBOR utilise un modèle de données qui est très proche de celui de JSON. Les structures de données possibles sont donc les tableaux et les objets (que CBOR appelle les "maps"). Un tableau est encodé comme une chaîne d'octets, longueur (suivant les règles des entiers) puis les éléments du tableau, à la queue leu leu. La longueur est cette fois le nombre d'éléments, pas le nombre d'octets. Les éléments d'un tableau ne sont pas forcément tous du même type.

Le type majeur 5 indique une "map" (ce qu'on appelle objet en JSON et dictionnaire ou "hash" dans d'autres langages). Chaque élément d'une "map" est un doublet {clé, valeur}. L'encodage est le même que pour les tableaux, la longueur étant le nombre de doublets. Chaque doublet est encodé en mettant la clé, puis la valeur. Donc, le premier scalaire est la clé de la première entrée de la "map", le deuxième la valeur de la première entrée, le troisième la clé de la deuxième entrée, etc.

Les clés doivent être uniques (une question problématique en JSON où les descriptions existantes de ce format ne sont ni claires ni cohérentes sur ce point).

Je passe sur le type majeur 6, voyez plus loin le paragraphe sur les étiquettes. Le type majeur 7 sert à coder les flottants (encodés ensuite en IEEE 754) et aussi d'autres types scalaires et le "break code" utilisé dans le paragraphe suivant. Les autres types scalaires, nommés « valeurs simples » ("simple values") sont des valeurs spéciales comme 20 pour le booléen Faux, 21 pour le Vrai, et 22 pour le néant <https://www.bortzmeyer.org/exprimer-neant.html>. Elles sont stockées dans un registre IANA <https://www.iana.org/assignments/cbor-simple-values/cbor-simple-values.xhtml>.

Dans la description ci-dessus, les types vectoriels (tableaux, chaînes, "maps") commencent par la longueur du vecteur. Pour un encodeur CBOR, cela veut dire qu'il faut connaître cette longueur avant même d'écrire le premier élément. Cela peut être contraignant, par exemple si on encode au fil de l'eau ("streaming") des données en cours de production. CBOR permet donc d'avoir des longueurs

indéterminées. Pour cela, on met 31 comme « longueur » et cette valeur spéciale indique que la longueur n'est pas encore connue. Le flot des éléments devra donc avoir une fin explicite cette fois, le "break code". Celui-ci est représenté par un élément de type majeur 7 et de détails 31, donc tous les bits de l'octet à 1. Par exemple, `<http://cbor.me/?diag=%28_%20%22lait%22%29>` nous montre que la chaîne « lait » ainsi codée (le `_` indique qu'on veut un codage en longueur indéterminée) sera `7f646c616974ff`. `7f` est le type majeur 3, chaîne de caractères, avec la longueur 31, indiquant qu'elle est indéterminée. Puis suit la chaîne elle-même (les chaînes indéterminées en CBOR sont faites par concaténation de chaînes de longueur déterminée), puis le "break code" `ff`.

La même technique peut être utilisée pour les chaînes d'octets et de caractères, afin de ne pas avoir à spécifier leur longueur au début. À noter que cette possibilité de listes de longueur indéterminée n'existait pas dans les premières versions de CBOR. Elle a été ajoutée pour faciliter la vie du "streaming".

Revenons au type majeur 6. Il indique une étiquette ("tag"), qui sert à préciser la sémantique de l'élément qui suit. Un exemple typique est pour indiquer qu'une chaîne de caractères est un fait une donnée structurée, par exemple une date ou un numéro de téléphone. Un décodeur n'a pas besoin de comprendre les étiquettes, il peut parfaitement les ignorer. Les valeurs possibles pour les étiquettes sont stockées dans un registre IANA `<https://www.iana.org/assignments/cbor-tags/cbor-tags.xhtml>`.

Quelques valeurs d'étiquette intéressantes? La valeur 0 indique une date au format du RFC 3339 (une chaîne de caractères). La valeur 1 étiquette au contraire un entier, et indique une date comme un nombre de secondes depuis le 1er janvier 1970. Les valeurs 2 et 3 étiquettent une chaîne d'octets et indiquent qu'on recommande de l'interpréter comme un grand entier (dont la valeur n'aurait pas tenu dans les types majeurs 0 ou 1). Les décodeurs qui ne gèrent pas les étiquettes se contenteront de passer à l'application cette chaîne d'octets, les autres passeront un grand entier.

Autre cas rigolos, les nombres décimaux non entiers. Certains ne peuvent pas être représentés de manière exacte sous forme d'un flottant. On peut alors les représenter par un couple [exposant, mantisse]. Par exemple, 273,15 est le couple [-2, 27315] (l'exposant est en base 10). On peut donc l'encoder en CBOR sous forme d'un tableau de deux éléments, et ajouter l'étiquette de valeur 4 pour préciser qu'on voulait un nombre unique.

D'autres étiquettes précisent le contenu d'une chaîne de caractères : l'étiquette 32 indique que la chaîne est un URI, la 34 que la chaîne est du Base64 (RFC 4648), la 35 dit qu'on va rencontrer une expression rationnelle et la 36 que cela va être un message MIME (RFC 2045). Comme l'interprétation des étiquettes est optionnelle, un décodeur CBOR qui n'a pas envie de s'embêter peut juste renvoyer à l'application cette chaîne.

Une astuce amusante pour finir les étiquettes, et la spécification du format : l'étiquette 55799 signifie juste que ce qui suit est du CBOR, sans modifier sa sémantique. Encodée, elle sera représentée par `0xd9d9f7` (type majeur 6 sur trois bits, puis détails 25 qui indiquent que le nombre est sur deux octets puis le nombre lui-même, `d9f7` en hexa). Ce nombre `0xd9d9f7` peut donc servir de nombre magique. Si on le trouve au début d'un fichier, c'est probablement du CBOR (il ne peut jamais apparaître au début d'un fichier JSON, donc ce nombre est particulièrement utile quand on veut distinguer tout de suite si on a affaire à du CBOR ou à du JSON).

Maintenant que le format est défini rigoureusement, passons à son utilisation. CBOR est conçu pour des environnements où il ne sera souvent pas possible de négocier les détails du format entre les deux parties. Un décodeur CBOR générique peut décoder sans connaître le schéma utilisé en face. Mais, en pratique, lorsqu'un protocole utilise CBOR pour la communication, il est autorisé (section 3 du RFC)

à mettre des restrictions, ou des informations supplémentaires, afin de faciliter la mise en œuvre de CBOR dans des environnements très contraints en ressources. Ainsi, on a parfaitement le droit de faire un décodeur CBOR qui ne gèrera pas les nombres flottants, si un protocole donné n'en a pas besoin.

Un cas délicat est celui des *"maps"* (section 3.7). CBOR ne place guère de restrictions sur le type des clés et un protocole ou format qui utilise CBOR voudra souvent être plus restrictif. Par exemple, si on veut absolument être compatible avec JSON, restreindre les clés à des chaînes en UTF-8 est souhaitable. Si on tient à utiliser d'autres types pour les clés (voire des types différents pour les clés d'une même *"map"*!), il faut se demander comment on les traduira lorsqu'on enverra ces *"maps"* à une application. Par exemple, en JavaScript, la clé formée de l'entier 1 est indistinguable de celle formée de la chaîne de caractères "1". Une application en JavaScript ne pourra donc pas se servir d'une *"map"* qui aurait de telles clés, de types variés.

On a vu que certains éléments CBOR pouvaient être encodés de différentes manières, par exemple un tableau peut être représenté par {longueur, valeurs} ou bien par {valeurs, *"break code"*}. Cela facilite la tâche des encodeurs mais peut compliquer celle des décodeurs, et cela peut rendre certaines opérations, comme la comparaison de deux fichiers, délicates. Existe-t-il une forme canonique de CBOR? Non, pas en standard, et ce point a suscité de chaudes discussions à l'IETF. Néanmoins, un protocole ou format donné, qui utilise CBOR, peut définir une telle forme canonique. La section 3.9 donne quelques pistes à ce sujet et suggère les règles suivantes :

- Mettre les entiers sous la forme la plus compacte possible. L'entier 2 peut être représenté par un octet (type majeur 0 puis détails égaux à 2) ou deux (type majeur 0, détails à 24 puis deux octets contenant la valeur 2), voire davantage. La forme canonique recommandée est la première (un seul octet). Même règle pour les longueurs (qui, en CBOR, sont encodées comme les entiers.)
- Trier les clés d'une *"map"* de la plus petite à la plus grande. (Selon leur représentation en octets, pas selon l'ordre alphabétique.)
- Mettre les tableaux et les chaînes sous la forme {longueur, valeurs}.

Tous les encodeurs CBOR qui suivent ces règles (qui seront peut-être un jour normalisées dans un nouveau RFC définissant le « CBOR canonique ») produiront, pour un même jeu de données, le même encodage.

Autre question pratique importante, le comportement en cas d'erreurs. Que doit faire un décodeur CBOR si deux clés sont identiques dans une *"map"*, ce qui est normalement interdit en CBOR? Ou si un champ longueur indique qu'on va avoir un tableau de 5 éléments mais qu'on n'en rencontre que 4 avant la fin du fichier? Ou si une chaîne de caractères, derrière son type majeur 3, n'est pas de l'UTF-8 bien formé? Les sections 3.3, 3.4 et 3.10 décrivent la question. CBOR n'est pas pédant : un décodeur a le droit d'ignorer certaines erreurs, de remplacer les valeurs par ce qui lui semble approprié. CBOR penche nettement du côté « être indulgent avec les données reçues <<https://www.bortzmeyer.org/principe-robustesse.html>> »; il faut dire qu'une application qui utilise CBOR peut toujours le renforcer en ajoutant l'obligation de rejeter ces données erronées. Un décodeur strict peut donc s'arrêter à la première erreur. Ainsi, un pare-feu qui analyse du CBOR à la recherche de contenu malveillant a tout intérêt à rejeter les données CBOR incorrectes (puisque'il ne sait pas trop comment elles seront interprétées par la vraie application, la section 8 revient sur ce point). Bref, la norme CBOR ne spécifie pas de traitement d'erreur unique.

Comme CBOR a un modèle de données proche de celui de JSON, on aura souvent envie d'utiliser CBOR comme encodage efficace de JSON. Comment convertir du CBOR en JSON et vice-versa sans trop de surprises? La section 4 du RFC se penche sur ce problème. Depuis CBOR vers JSON, les traductions suivantes sont suggérées :

- Les entiers deviennent évidemment des nombres JSON.
- Les chaînes d'octets sont encodées en base64 et deviennent des chaînes de caractères JSON (JSON n'a pas d'autre moyen de transporter du binaire).

- Les chaînes de caractères deviennent des chaînes de caractères JSON (ce qui nécessite d'en échapper certains, RFC 8259, section 7).
- Les tableaux deviennent des tableaux JSON et les "maps" des objets JSON (ce qui impose de convertir les clés en chaînes UTF-8, si elles ne l'étaient pas déjà).

En sens inverse, de JSON vers CBOR, c'est plus simple, puisque JSON n'a pas de constructions qui seraient absentes de CBOR.

Pour les amateurs de futurisme, la section 5 discute des éventuelles évolutions de CBOR. Pour les faciliter, CBOR a réservé de la place dans certains espaces. Ainsi, le type majeur 7 permettra d'encoder encore quelques valeurs simples (cela nécessitera un RFC sur le chemin des normes, cf. RFC 5226 et la section 7.1 de notre RFC). Et on peut ajouter d'autres valeurs d'étiquettes (selon des règles qui dépendent de la valeur numérique : les valeurs les plus faibles nécessiteront une procédure plus complexe, cf. section 7.2).

CBOR est un format binaire. Cela veut dire, entre autres, qu'il n'est pas évident de montrer des valeurs CBOR dans, mettons, une documentation, contrairement à JSON. La section 6 décrit donc un format texte (volontairement non spécifié en détail) qui permettra de mettre des valeurs CBOR dans du texte. Nulle grammaire formelle pour ce format : il est prévu pour l'utilisation par un humain, pas par un analyseur syntaxique. Ce format ressemble à JSON avec quelques extensions pour les nouveautés de CBOR. Par exemple, les étiquettes sont représentées par un nombre suivi d'une valeur entre parenthèses. Ainsi, la date (une chaîne de caractères étiquetée par la valeur 0) sera notée :

```
0("2013-10-12T11:34:00Z")
```

Une "map" de deux éléments sera notée comme en JSON :

```
{"Fun": true, "Amt": -2}
```

Même chose pour les tableaux. Ici, avec étiquette sur deux chaînes de caractères :

```
[32("http://cbor.io/"), 34("SW5zw6lyZXogaWNpIHVuIMWTdWYgZGUgUMOicXVlcw=")]
```

Lors de l'envoi de données encodées en CBOR, le type MIME à utiliser sera `application/cbor`. Comme l'idée est d'avoir des formats définis en utilisant la syntaxe CBOR et des règles sémantiques spécifiques, on verra aussi sans doute des types MIME utilisant la notation plus du RFC 6839, par exemple `application/monformat+cbor`.

Un petit mot sur la sécurité (section 8) : il est bien connu qu'un analyseur mal écrit est un gros risque de sécurité et d'innombrables attaques ont déjà été réalisées en envoyant à la victime un fichier délibérément incorrect, conçu pour déclencher une faille de l'analyseur. Ainsi, en CBOR, un décodeur qui lirait une longueur, puis chercherait le nombre d'éléments indiqué, sans vérifier qu'il est arrivé au bout du fichier, pourrait déclencher un débordement de tampon. Les auteurs de décodeurs CBOR sont donc priés de programmer de manière défensive, voire paranoïaque : ne faites pas confiance au contenu venu de l'extérieur.

Autre problème de sécurité, le risque d'une attaque par déni de service. Un attaquant taquin peut envoyer un fichier CBOR où la longueur d'un tableau est un très grand nombre, dans l'espoir qu'un analyseur naïf va juste faire `malloc(length)` sans se demander si cela ne consommera pas toute la mémoire.

Enfin, comme indiqué plus haut à propos du traitement d'erreur, comme CBOR ne spécifie pas de règles standard pour la gestion des données erronées, un attaquant peut exploiter cette propriété pour faire passer des données « dangereuses » en les encodant de telle façon que l'IDS n'y voit que du feu. Prenons par exemple cette "map" :

<https://www.bortzmeyer.org/7049.html>

```
{ "CodeToExecute": "OK",
  "CodeToExecute": "DANGER" }
```

Imaginons qu'une application lise ensuite la donnée indexée par `CodeToExecute`. Si, en cas de clés dupliquées, elle lit la dernière valeur, elle exécutera le code dangereux. Si un IDS lit la première valeur, il ne se sera pas inquiété. Voilà une bonne raison de rejeter du CBOR invalide (les clés dupliquées sont interdites) : il peut être interprété de plusieurs façons.

Pour les amateurs d'alternatives, l'annexe E du RFC compare CBOR à des formats analogues. Attention, la comparaison se fait à la lumière du cahier des charges de CBOR, qui n'était pas forcément le cahier des charges de ces formats. Ainsi, ASN.1 (ou plutôt ses sérialisations comme BER ou DER, PER étant nettement moins courant puisqu'il nécessite de connaître le schéma des données) est utilisé par plusieurs protocoles IETF (comme LDAP) mais le décoder est une entreprise compliquée.

MessagePack est beaucoup plus proche de CBOR, dans ses objectifs et ses résultats, et a même été le point de départ du projet CBOR. Mais il souffre de l'absence d'extensibilité propre. Plusieurs propositions d'extensions sont restées bloquées à cause de cela.

BSON (connu surtout via son utilisation dans MongoDB) a le même problème. En outre, il est conçu pour le stockage d'objets JSON dans une base de données, pas pour la transmission sur le réseau (ce qui explique certains de ses choix). UBJSON est un autre encodage binaire de JSON. Contrairement à CBOR, il se tient étroitement au modèle de données de JSON. Enfin, MSDTP, spécifié dans le RFC 713, n'a jamais été réellement utilisé.

Rappelez-vous que CBOR priorise la simplicité de l'encodeur et du decodeur plutôt que la taille des données encodées. Néanmoins, un tableau en annexe E.6 compare les tailles d'un même objet encodé avec tous ces protocoles : BSON est de loin le plus bavard (BER est le second), MessagePack et CBOR les plus compacts.

Une liste des implémentations est publiée en <http://cbor.io/>. Au moins quatre existent, en Python, Ruby, JavaScript et Java. J'avais moi-même écrit un decodeur CBOR très limité (pour un besoin ponctuel <https://www.bortzmeyer.org/c-dns-tests.html>) en Go. Il est disponible ici (en ligne sur <https://www.bortzmeyer.org/files/read-cbor.go>) et son seul rôle est d'afficher le CBOR sous forme arborescente, pour aider à déboguer un producteur de CBOR. Cela donne quelque chose du genre :

```
% ./read-cbor test.cbor
Array of 3 items
String of length 5: C-DNS
Map of 4 items
Unsigned integer 0
=> Unsigned integer 0
Unsigned integer 1
=> Unsigned integer 5
Unsigned integer 4
=> String of length 70: Experimental dnstap client, IETF 99 hackathon, data from unbound 1.6.4
Unsigned integer 5
=> String of length 5: godin
Array of indefinite number of items
Map of 3 items
Unsigned integer 0
=> Map of 1 items
Unsigned integer 1
=> Array of 2 items
```

```
Unsigned integer 1500204267
Unsigned integer 0
Unsigned integer 2
=> Map of indefinite number of items
Unsigned integer 0
=> Array of 2 items
Byte string of length 16
Byte string of length 16
...
```

Merci à Carsten Bormann pour sa relecture.