

Groupe de travail Réseau
Request for Comments: 5052
 RFC rendue obsolète : 3452
 Catégorie : Sur la voie de la normalisation

M. Watson, M. Luby, L. Vicisano
 Digital Fountain
 août 2007
 Traduction Claude Brière de L'Isle

Bloc de construction de correction d'erreur directe (FEC)

Statut du présent mémoire

Le présent document spécifie un protocole de l'Internet sur la voie de la normalisation pour la communauté de l'Internet, et appelle à des discussions et suggestions pour son amélioration. Prière de se référer à l'édition en cours des "Protocoles officiels de l'Internet" (STD 1) pour voir l'état de normalisation et le statut de ce protocole. La distribution du présent mémoire n'est soumise à aucune restriction.

Déclaration de copyright

Copyright (C) The IETF Trust (2007).

Résumé

Le présent document décrit comment utiliser les codes de correction d'erreur directe (FEC, *Forward Error Correction*) pour fournir et/ou augmenter efficacement la fiabilité du transfert de données en vrac sur la diffusion groupée IP. Le présent document définit un cadre pour la définition des informations qui ont besoin d'être communiquées afin d'utiliser un code de FEC pour le transfert de données en vrac, en plus des données codées elles-mêmes, et pour la définition des formats et codes pour la communication de ces informations. Les informations communiquées avec les données codées elles-mêmes et les informations qui ont besoin d'être communiquées "hors bande" sont considérées. Les procédures pour spécifier de nouveaux codes de FEC, définir les exigences de communication des informations associées à ces codes et leur enregistrement auprès de l'Autorité d'allocation des numéros de l'Internet (IANA, *Internet Assigned Numbers Authority*) sont aussi décrites. Les exigences pour les protocoles de livraison de contenu qui souhaitent utiliser les codes de FEC définis dans ce cadre sont aussi définies. Le document d'accompagnement intitulé "Utilisation de la correction d'erreur directe (FEC) en diffusion groupée fiable" [RFC3453] décrit certaines applications de codes de FEC pour la livraison de contenus. Le présent document rend obsolète la RFC 3452.

Table des Matières

1 Introduction.....	2
2 Définitions et abréviations.....	2
3 Notation des exigences.....	3
4 Raisons.....	3
5 Déclaration d'applicabilité.....	4
6 Fonctionnalité.....	4
6.1 Schémas de FEC.....	5
6.2 Informations de transmission d'objet de FEC.....	6
6.3 Identifiant de charge utile de FEC.....	8
7 Spécifications de schéma de FEC.....	8
8 Spécifications de CDP.....	10
9 Algorithmes courants.....	10
9.1 Algorithme de partition de bloc.....	10
10 Exigences provenant d'autres blocs de construction.....	12
11 Considérations sur la sécurité.....	12
12 Considérations relatives à l'IANA.....	12
12.1 Lignes directrices explicites d'allocation par l'IANA.....	12
13 Changements depuis la RFC 3452.....	13
14 Remerciements.....	13
15 Références.....	14
15.1 Références normatives.....	14
15.2 Références pour information.....	14
Adresse des auteurs.....	14
Déclaration complète de droits de reproduction.....	14

1 Introduction

Le présent document décrit comment utiliser les codes de correction d'erreur directe (FEC, *Forward Error Correction*) pour fournir la prise en charge de la livraison fiable de contenu dans le contexte d'un protocole de livraison de contenu (CDP, *Content Delivery Protocol*). Le présent document décrit un bloc de construction comme défini dans la [RFC3048], précisément au paragraphe 4.2 de ce document, et suit les lignes directrices générales fournies dans la [RFC3269].

L'objet de ce bloc de construction est de définir un cadre pour la correction d'erreur directe tel que :

1. Les CDP puissent être conçus pour opérer sur une gamme de différents codes/schémas de FEC, sans avoir besoin de connaître les détails du code/schéma de FEC spécifique qui peut être utilisé.
2. Les schémas de FEC peuvent être conçus pour opérer avec une gamme de différents CDP, sans avoir besoin de savoir les détails des CDP spécifiques.

Noter qu'un "CDP" dans le contexte du présent document peut consister en plusieurs mécanismes de protocole distincts et peut prendre en charge toute sorte d'application qui exige un transport fiable -- par exemple, des applications de livraison d'objet et de flux directs.

Le présent document donne aussi des lignes directrices détaillées sur la façon d'écrire une RFC pour un schéma de FEC correspondant à un nouvel identifiant de codage de FEC (pour les schémas de FEC pleinement spécifiés aussi bien que sous spécifiés-- voir la Section 4).

La [RFC3452], qui est rendue obsolète par le présent document, contenait une version antérieure, publiée dans la catégorie "Expérimental". La RFC 3452 a été publiée comme RFC expérimentale en partie à cause de l'absence à ce moment là de stratégies de contrôle d'encombrement spécifiées convenant à l'utilisation de protocoles de diffusion groupée fiables.

Cette proposition de spécification de norme est donc fondée sur la [RFC3452] mise à jour en accord avec l'expérience accumulée et la maturité croissante du protocole depuis la publication de la [RFC3452]. Ladite expérience s'applique à la fois à la présente spécification et aux stratégies de contrôle d'encombrement relatives à l'utilisation de cette spécification.

Les différences entre la [RFC3452] et le présent document sont mentionnées à la Section 13.

2 Définitions et abréviations

Bloc de source : partie de l'objet formée d'un sous ensemble des symboles de source de l'objet.

CDP (*Content Delivery Protocol*) : protocole de livraison de contenu.

Codeur : fonctions spécifiques du schéma de FEC requises pour transformer un objet en données codées de FEC. C'est-à-dire, les fonctions qui produisent des symboles de réparation en utilisant des symboles de source.

Décodeur : fonctions spécifiques du schéma de FEC requises pour transformer les données codées de FEC reçues en une copie de l'objet original.

Envoyeur : système qui prend en charge les fonctions d'envoi d'un CDP et un schéma de FEC conforme à la présente spécification.

FEC (*Forward Error Correction*) : correction d'erreur directe.

Objet : séquence ordonnée d'octets à transférer par le protocole de transport. Par exemple, un fichier ou un flux.

Receveur : système qui prend en charge les fonctions de réception d'un CDP et un schéma de FEC conforme à la présente spécification.

Symbole : unité de données traitée par le code de correction d'erreur directe. Un symbole est toujours considéré comme une unité, c'est-à-dire, il est soit complètement reçu, soit complètement perdu.

Symbole de codage : symbole de source ou symbole de réparation.

Symbole de réparation : symbole contenant les informations générée par le code de FEC qui peut être utilisé pour récupérer les symboles de source perdus.

Symbole de source : symbole qui contient les informations provenant de l'objet original.

3 Notation des exigences

Les mots clés "DOIT", "NE DOIT PAS", "EXIGE", "DEVRA", "NE DEVRA PAS", "DEVRAIT", "NE DEVRAIT PAS", "RECOMMANDE", "PEUT", et "FACULTATIF" en majuscules dans ce document sont à interpréter comme décrit dans le BCP 14, [RFC2119].

4 Raisons

Un code de FEC, au sens général, est un précieux composant de base de tout CDP qui veut fournir la livraison fiable d'un objet. L'utilisation des codes de FEC est efficace dans le contexte de la diffusion groupée IP et de la livraison fiable parce que les symboles de codage de FEC peuvent être utiles à tous les receveurs pour reconstruire un objet même quand les receveurs ont reçu des symboles de codage différents. De plus, les codes de FEC peuvent améliorer ou même éliminer le besoin de rétroactions de la part des receveurs aux envoyeurs pour demander la retransmission des paquets perdus.

Pour le présent document, le concept d'un "schéma de FEC" est central ; on le distingue du concept d'un "code de FEC" ou d'un "algorithme de FEC". Un schéma de FEC définit les informations auxiliaires et les procédures qui, combinées avec un code de FEC ou une spécification d'algorithme, définissent pleinement comment le code de FEC peut être utilisé avec les CDP. Un schéma de FEC peut être associé à un seul code de FEC normalisé (un schéma de FEC "pleinement spécifié") ou peut être applicable à de nombreux codes de FEC (un schéma de FEC "sous spécifié").

Le présent document décrit un cadre pour la définition des schémas de FEC. La définition des schémas de FEC réels sort du domaine d'application de ce document. Le présent document définit aussi les exigences pour des CDP fiables qui utilisent les schémas de FEC. Tout CDP conforme aux exigences spécifiées dans le présent document peut utiliser tout schéma de FEC défini dans le cadre décrit ici. Noter que les schémas de FEC peuvent établir des restrictions sur les types de CDP avec lesquels ils sont destinés à être utilisés. Par exemple, certains schémas de FEC peuvent être spécifiques de types particuliers d'application, comme la livraison de fichier ou les flux directs.

Le but du bloc de construction de FEC est de décrire la fonctionnalité qui se rapporte directement aux codes de FEC commune à tous les CDP fiables et à tous les schémas de FEC, et de laisser en dehors toute fonctionnalité supplémentaire spécifique de CDP ou schémas de FEC particuliers. La principale fonctionnalité décrite dans le présent document commune à tous ces CDP qui utilisent les codes de FEC est la définition et le transport de trois sortes d'informations des envoyeurs au ou aux receveurs :

- 1) le codage des symboles eux-mêmes,
- 2) les informations auxiliaires associées aux symboles de codage (ou groupes de tels symboles, comme le groupe des symboles dans un seul paquet, ou le groupe des symboles relatifs à un seul bloc de source) et
- 3) les informations auxiliaires associées à l'objet entier à transférer.

Il est important de noter que ces informations ne sont exigées que par le receveur si un ou plusieurs des symboles de codage auxquels elles se rapportent sont reçus.

Le présent document ne décrit pas comment les receveurs peuvent demander la transmission de symboles de codage particuliers pour un objet. C'est parce que bien qu'il y ait des CDP où les demandes de transmission sont utiles, il y a aussi des CDP qui n'ont pas besoin de telles demandes.

Le document d'accompagnement [RFC3453] devrait être consulté pour avoir une explication complète des avantages de l'utilisation des codes de FEC pour la livraison fiable de contenu utilisant la diffusion groupée IP. Les codes de FEC sont aussi utiles dans le contexte de l'envoi individuel, et donc la portée et l'applicabilité du présent document ne sont pas limitées à la diffusion groupée IP.

5 Déclaration d'applicabilité

Le bloc de construction de FEC ne fournit aucune prise en charge du contrôle d'encombrement. Tout CDP complet de diffusion groupée DOIT fournir un contrôle d'encombrement qui se conforme à la [RFC2357], en particulier à son paragraphe 3.2. Donc, le contrôle d'encombrement DOIT être fourni par un autre bloc de construction quand le bloc de construction de FEC est utilisé dans un CDP.

Une description plus complète de l'applicabilité des codes de FEC peut être trouvée dans la [RFC3453].

6 Fonctionnalité

Cette Section décrit les informations de FEC qui vont être envoyées dans les paquets qui contiennent aussi des symboles de codage de FEC ou "hors bande". Les informations de FEC sont associées à la transmission de symboles de codage relatifs à un objet particulier. Il y a trois classes de paquets qui peuvent contenir des informations de FEC : les paquets de données, les paquets de contrôle de session, et les paquets de rétroaction. Ils contiennent généralement différentes sortes d'informations de FEC. Noter que certains CDP peuvent ne pas utiliser de paquets de contrôle de session ou de rétroaction.

Les paquets de données peuvent parfois servir aussi de paquets de contrôle de session ; les paquets de données et de contrôle de session voyagent généralement vers l'aval de l'expéditeur vers les receveurs et sont envoyés à un canal de diffusion groupée ou à un receveur spécifique en utilisant l'envoi individuel. Les paquets de contrôle de session peuvent de plus voyager vers l'amont des receveurs aux expéditeurs.

En règle générale, les paquets de rétroaction voyagent vers l'amont, des receveurs à l'expéditeur. Parfois, cependant, ils pourraient aussi être envoyés à un canal de diffusion groupée ou à un autre receveur ou à un nœud intermédiaire ou un routeur du voisinage qui fournit des services de récupération.

Le présent document spécifie les informations de FEC qui doivent être portées dans les paquets de données et les informations de FEC qui doivent être communiquées de l'expéditeur au ou aux receveurs soit hors bande, soit dans des paquets de données. La spécification des mécanismes de protocole pour transporter ces informations, par exemple, les formats de champs et de paquets, sort du domaine d'application de ce document. Ce document spécifie plutôt les informations de niveau supérieur qui doivent être communiquées, et fournit des exigences détaillées pour le schéma de FEC et les spécifications de protocole de livraison de contenu, qui sont où les formats détaillés de champ et de paquet devraient être définis.

Les informations de FEC sont classées comme suit :

1. Informations de FEC associées à un objet : ce sont les informations qui sont essentielles pour que le décodeur de FEC décode un objet spécifique. Un exemple de ces informations est l'identité du schéma de FEC utilisé pour coder l'objet, sous la forme d'identifiant de codage de FEC. L'identifiant de codage de FEC est décrit plus loin. Ces informations peuvent aussi inclure des paramètres spécifiques du schéma de FEC pour le décodeur de FEC.
2. Informations de FEC associées à des symboles de codage spécifiques pour un objet : ce sont les informations qui sont associées à un ou plusieurs symboles de codage et sont donc nécessaires au décodeur chaque fois qu'un ou plusieurs de ces symboles de codage ont été reçus. Selon le schéma de FEC, les informations peuvent être associées à des symboles individuels et/ou à des groupes de symboles. Un de ces groupes courants est le groupe de symboles inclus dans un seul paquet. De nombreux schémas de FEC segmentent aussi l'objet à coder en plusieurs "blocs de source", dont chacun est traité de façon indépendante pour les besoins de la FEC. Les informations sur chaque bloc de source sont un autre type d'informations associées à un groupe de symboles de codage -- dans ce cas, le groupe de symboles qui se rapportent à un bloc de source donné.

Deux "conteneurs" sont fournis pour communiquer les informations de FEC décrites ci-dessus, mais il n'y a pas nécessairement une correspondance biunivoque entre la classe d'informations de FEC et le mécanisme utilisé. Les deux mécanismes sont :

- a. Informations de transmission d'objet de FEC : les CDP doivent fournir un mécanisme fiable pour communiquer certaines informations de FEC de l'expéditeur au ou aux receveurs. Ces informations sont appelées les "informations de transmission d'objet de FEC" et leur contenu dépend du schéma de FEC particulier. Elles incluent toutes les informations de la première classe ci-dessus et peuvent inclure des informations de la seconde classe. Les informations

de transmission d'objet de FEC peuvent être envoyées à un receveur dans les en-têtes de paquet de données, dans des paquets de contrôle de session, ou par d'autres moyens.

- b. Identifiant de charge utile de FEC : les CDP doivent fournir un mécanisme pour communiquer les informations qui identifient (pour les besoins de la FEC) les symboles de codage portés par un paquet. Ces informations sont appelées l'identifiant de charge utile de FEC, et leur contenu dépend du schéma de FEC. Elles incluent seulement des informations de la seconde classe ci-dessus. Un paquet de données qui porte des symboles de codage DOIT inclure un identifiant de charge utile de FEC.

6.1 Schémas de FEC

Deux types de schémas de FEC sont définis par le présent document : les schémas de FEC "pleinement spécifiés" et les schémas de FEC "sous spécifiés". Un schéma de FEC est pleinement spécifié si le schéma de codage est formellement et pleinement spécifié, d'une façon telle que des mises en œuvre indépendantes puissent coder et décoder à partir d'une spécification d'une RFC de l'IETF.

Il est possible qu'un schéma de FEC ne puisse pas être un schéma de FEC pleinement spécifié, parce que soit une spécification n'est simplement pas disponible, soit qu'il existe une partie qui possède le schéma de codage qui ne veut pas en divulguer l'algorithme ou spécification. On se réfère à un tel schéma de codage de FEC comme "schéma de FEC sous spécifié".

Les schémas de FEC sont identifiés par un identifiant de codage de FEC, qui est un identifiant entier alloué par l'IANA. L'identifiant de codage de FEC permet aux receveurs de choisir le décodeur de FEC approprié. La valeur de l'identifiant de codage de FEC DOIT être la même pour toute transmission de symboles de codage relative à un objet particulier, mais PEUT varier à travers différentes transmissions de symboles de codage sur différents objets, même si ils sont transmis au même ensemble de canaux de diffusion groupée et/ou en utilisant une seule session de couche supérieure.

L'identifiant d'instance de FEC est une valeur entière qui identifie une instance spécifique d'un schéma de FEC sous spécifié. Cette valeur n'est pas utilisée pour les schémas de FEC pleinement spécifiés. La portée de l'identifiant d'instance de FEC est définie par l'identifiant de codage de FEC, et les valeurs d'identifiant d'instance de FEC sont sujettes à enregistrement par l'IANA.

L'identifiant de codage de FEC pour les schémas de FEC pleinement spécifiés et l'identifiant de codage de FEC et l'identifiant d'instance de FEC pour les schémas de FEC sous spécifiés sont essentiels pour que le décodeur décode un objet. Donc, ils font partie des informations de transmission d'objet de FEC.

Les exigences suivantes s'appliquent à tous les schémas de FEC, pleinement spécifiés ou sous spécifiés :

- o le type, la sémantique, et un format de codage pour l'identifiant de charge utile de FEC et les informations de transmission d'objet de FEC DOIVENT être définis ;
- o une valeur pour l'identifiant de codage de FEC DOIT être réservée et associée aux types, sémantique, et format de codage de l'identifiant de charge utile de FEC et des informations de transmission d'objet de FEC.

La spécification d'un schéma de FEC sous spécifié PEUT allouer un sous champ au sein de l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma qui est pour les informations spécifiques de l'instance. Chaque instance spécifique du schéma de FEC sous spécifié peut alors utiliser ce champ d'une façon spécifique de l'instance. Le schéma de FEC devrait définir l'élément d'informations spécifiques du schéma de transmission d'objet de FEC d'une façon telle que les receveurs qui ne prennent pas en charge l'identifiant d'instance de FEC reçu puissent quand même analyser et interpréter l'élément d'informations spécifiques du schéma de transmission d'objet de FEC à l'exception du champ spécifique de l'instance.

Un schéma de FEC sous spécifié déjà défini (c'est-à-dire, une valeur d'identifiant de codage de FEC) DOIT être réutilisé si l'identifiant de charge utile de FEC et les informations de transmission d'objet de FEC associés ont les champs et formats de codage requis pour une nouvelle instance de schéma de FEC sous spécifié.

Une instance d'un schéma de FEC sous spécifié est pleinement identifiée par le couple (identifiant de codage de FEC, identifiant d'instance de FEC). Le couple DOIT identifier une seule instance de schéma qui a au moins une mise en œuvre. La partie qui possède ce couple DOIT être capable de fournir des informations sur la façon d'obtenir l'instance de schéma de FEC sous spécifié identifiée par le couple, par exemple, un pointeur sur une référence de mise en œuvre publiquement disponible ou le nom et les contacts d'une entreprise qui la fournit, soit séparément, soit incorporée dans un autre produit.

La présente spécification réserve la gamme 0-127 pour les valeurs d'identifiants de codage de FEC de schémas de FEC pleinement spécifiés et la gamme 128-255 pour les valeurs de schémas de FEC sous spécifiés.

6.2 Informations de transmission d'objet de FEC

Les informations de transmission d'objet de FEC contiennent des informations qui sont essentielles au décodeur pour décoder l'objet codé. Elles peuvent aussi contenir des informations qui sont exigées pour décoder certains groupes de symboles de codage, par exemple, des blocs de source individuels au sein de l'objet. Ces informations sont communiquées de façon fiable par le CDP au ou aux receveurs comme décrit dans la Section 8.

Les informations de transmission d'objet de FEC peuvent consister en plusieurs éléments et chaque élément peut être d'un des trois types suivants :

Obligatoire : ces éléments sont définis dans la présente spécification et sont chacun obligatoires pour au moins un des deux types de schéma de FEC. Chaque schéma de FEC spécifie comment les valeurs des éléments obligatoires d'informations de transmission d'objet de FEC sont déterminées et chaque CDP spécifie comment ces informations sont codées et fiablement communiquées aux receveurs. Les informations de transmission d'objet de FEC obligatoires incluent l'identification du schéma de FEC, qui est nécessaire au receveur pour déterminer si il accepte le schéma de FEC.

Commun : ces éléments sont définis dans la présente spécification et sont d'utilisation facultative par un schéma de FEC. Chaque schéma de FEC spécifie quels éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs il utilise et comment les valeurs de ces éléments sont déterminées.

Spécifique du schéma : un schéma de FEC peut spécifier un seul élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma. Le schéma de FEC spécifie le type, la sémantique, et le format de codage de l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma. La chaîne d'octets résultante est appelée les "informations de transmission d'objet de FEC codées spécifiques du schéma". Chaque CDP spécifie comment la transmission d'objet de FEC codée spécifique du schéma est communiquée fiablement aux receveurs, c'est-à-dire, exactement où elle devra être portée dans les paquets du CDP. Noter que bien que du point de vue de la présente spécification et des CDP, il y ait seulement un élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma, le schéma de FEC peut spécifier cet élément comme contenant plusieurs informations distinctes.

Chaque schéma de FEC spécifie un format de codage pour les informations de transmission d'objet de FEC communes et spécifiques du schéma. Chaque CDP doit spécifier au moins un de ce qui suit :

1. un moyen de communiquer fiablement les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs aux receveurs en utilisant le format de codage défini par le schéma de FEC ;
2. un autre format de codage, spécifique du CDP, pour chaque élément d'informations de transmission d'objet de FEC commun.

Les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC obligatoires et communs sont définis dans les paragraphes qui suivent.

6.2.1 Transport des informations de transmission d'objet de FEC

Il est de la responsabilité du CDP de transporter de façon fiable les informations de transmission d'objet de FEC aux receveurs.

Il est important de noter que le format de codage des éléments obligatoires d'informations de transmission d'objet de FEC (l'identifiant de codage de FEC) est défini par le CDP. C'est pour que le receveur puisse identifier le schéma de FEC à utiliser pour interpréter les éléments restants d'informations de transmission d'objet de FEC. Tous les CDP doivent définir les formats de codage pour les éléments obligatoires d'informations de transmission d'objet de FEC.

Les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs peuvent être transportés de deux façons différentes : (a) le schéma de FEC définit un format de codage pour les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs qu'il utilise, et le CDP transporte ce bloc de données codées, ou (b) le CDP définit un format de codage pour chaque élément commun d'informations de transmission d'objet de FEC et transporte les informations dans ce format.

Un schéma de FEC DOIT définir un format de codage pour les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs qu'il utilise. La chaîne d'octets résultante est appelée les "informations codées communes de transmission d'objet de FEC". Un CDP PEUT définir des formats de codage individuels pour chaque élément d'informations de transmission

d'objet de FEC commun. Le choix de la façon dont les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs devront être transportés, (a) ou (b), est fait par le protocole de livraison de contenu, et une méthode particulière DEVRAIT être définie dans la spécification de CDP. Noter qu'un CDP peut fournir la prise en charge d'une seule ou des deux options.

Dans le cas où le CDP utilise le format de codage spécifié par le schéma de FEC, il peut simplement enchaîner les informations codées communes de transmission d'objet de FEC et les informations de transmission d'objet de FEC codées spécifiques du schéma, ou il peut porter chacune dans un champ séparé ou une enveloppe au sein du CDP. Dans le premier cas, la chaîne d'octets enchaînés est appelée les "informations codées de transmission d'objet de FEC". Le schéma de FEC doit définir le format de codage pour les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs qu'il utilise de telle façon que la longueur de chaque élément soit fixée ou qu'elle puisse être déterminée à partir des données codées elles-mêmes.

Le format de codage de l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma est défini par le schéma de FEC. Les CDP spécifient seulement comment la séquence d'octets résultante est communiquée. Comme avec le format de codage pour les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs, la longueur des informations de transmission d'objet de FEC spécifiques du schéma doit être fixée ou pouvoir être déterminée à partir des données codées elles-mêmes.

6.2.2 Opacité des informations de transmission d'objet de FEC

L'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma est opaque au CDP en ce sens que l'inspection du contenu de cet élément peut seulement être faite si la logique spécifique du schéma de FEC est incluse dans le CDP.

Tous les formats de codage définis par le schéma de FEC pour les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs sont aussi opaques au CDP dans le même sens.

Tous les formats de codage définis par le CDP pour les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs ne sont pas opaques dans ce sens, bien qu'il doive être considéré que différents schémas de FEC peuvent utiliser des combinaisons différentes des éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs.

6.2.3 Éléments d'information de transmission d'objet de FEC obligatoires

L'élément obligatoire d'informations de transmission d'objet de FEC est :

Identifiant de codage de FEC : un entier entre 0 et 255 inclus qui identifie un schéma de FEC spécifique (pleinement spécifié ou sous spécifié.)

6.2.4 Éléments d'information de transmission d'objet de FEC communs

Les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs sont décrits ci-dessous. Noter qu'à l'exception de l'identifiant d'instance de FEC, la présente spécification ne fournit pas les définitions complètes de ces champs. Seuls les aspects du type abstrait sont définis. Le type et la sémantique précis sont définis pour chaque schéma de FEC dans la spécification de schéma de FEC.

Identifiant d'instance de FEC : entier entre 0 et 65535 inclus qui identifie une instance d'un schéma de FEC sous spécifié.

Longueur de transfert : entier non négatif qui indique la longueur de l'objet en octets.

Longueur de symbole de codage : entier non négatif qui indique la longueur de chaque symbole de codage en octets.

Longueur maximum de bloc de source : entier non négatif qui indique le nombre maximum de symboles de source dans un bloc de source.

Nombre maximum de symboles de codage : entier non négatif qui indique le nombre maximum de symboles de codage (c'est-à-dire, symboles de source plus symboles de réparation dans le cas d'un code systématique).

L'identifiant d'instance de FEC DOIT être utilisé par tous les schémas de FEC sous spécifiés et NE DOIT PAS être utilisé par les schémas de FEC pleinement spécifiés.

Les schémas de FEC définissent le type précis de ceux des éléments ci-dessus qu'ils utilisent et en particulier peuvent restreindre la gamme de valeur de chaque élément. Les schémas de FEC définissent aussi un format de codage pour le sous-ensemble des éléments ci-dessus qu'ils utilisent. Les CDP peuvent aussi fournir un format de codage pour chaque élément ; dans ce cas, ce format de codage DOIT être capable de représenter des valeurs jusqu'à $(2^{16})-1$ dans le cas de l'identifiant d'instance de FEC, $(2^{48})-1$ dans le cas de la longueur de transfert, et jusqu'à $(2^{32})-1$ pour les autres éléments. Les CDP peuvent de plus ou autrement fournir un mécanisme pour transporter les informations codées de transmission d'objet de FEC communes définies par le schéma de FEC. Par exemple, FLUTE [RFC3926] spécifie un format de codage fondé sur XML pour ces éléments, mais peut aussi transporter des formats de codage spécifiques du schéma de FEC au sein de l'extension d'en-tête EXT-FTI LCT.

6.2.5 Élément d'information de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma

L'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma peut être utilisé par un schéma de FEC pour communiquer des informations qui sont essentielles au décodeur et qui ne peuvent pas être représentées adéquatement dans les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC obligatoires ou communs.

Du point de vue d'un CDP, l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma est une chaîne d'octets opaque, de longueur variable. Le schéma de FEC définit la structure de cette chaîne d'octets, qui peut contenir plusieurs éléments distincts.

6.3 Identifiant de charge utile de FEC

L'identifiant de charge utile de FEC contient des informations qui indiquent au décodeur de FEC les relations entre les symboles de codage portés par un paquet particulier et la transformation de codage de FEC. Par exemple, si le paquet porte des symboles de source, alors l'identifiant de charge utile de FEC indique quels symboles de source de l'objet sont portés dans le paquet. Si le paquet porte des symboles de réparation, alors l'identifiant de charge utile de FEC indique comment ces symboles de réparation ont été construits à partir de l'objet.

L'identifiant de charge utile de FEC peut aussi contenir des informations sur de plus grands groupes de symboles de codage dont font partie ceux qui sont contenus dans le paquet. Par exemple, l'identifiant de charge utile de FEC peut contenir des informations sur le bloc de source auxquels les symboles se rapportent.

L'identifiant de charge utile de FEC pour un paquet donné est essentiel au décodeur si et seulement si le paquet lui-même est reçu. Donc, il doit être possible d'obtenir l'identifiant de charge utile de FEC à partir du paquet reçu. Généralement, l'identifiant de charge utile de FEC est simplement porté explicitement comme un champ séparé au sein de chaque paquet. Dans ce cas, la taille du champ Identifiant de charge utile de FEC DEVRAIT être une petite fraction de la taille de paquet. Certains schémas de FEC peuvent spécifier des moyens de déduire implicitement des autres informations dans le paquet la relation entre les symboles de codage portés et l'objet, comme les en-têtes de protocole déjà présents. De tels schémas de FEC pourraient évidemment seulement être utilisés avec des CDP qui fournissent les informations appropriées à partir desquelles l'identifiant de charge utile de FEC pourrait être déduit.

Le format de codage de l'identifiant de charge utile de FEC, incluant sa taille, est défini par le schéma de FEC. Les CDP spécifient comment l'identifiant de charge utile de FEC est porté dans les paquets de données, c'est-à-dire, la position de l'identifiant de charge utile de FEC au sein du format de paquet de CDP et comment il est associé aux symboles de codage.

Les schémas de FEC pour les codes de FEC systématiques (c'est-à-dire, les codes dans lesquels les données de source originales sont incluses au sein des données codées) PEUVENT spécifier deux formats d'identifiant de charge utile de FEC, un pour les paquets qui portent seulement des symboles de source et un autre pour les paquets qui portent au moins un symbole de réparation. Les CDP doivent inclure l'indication duquel des deux formats d'identifiant de charge utile de FEC est inclus dans chaque paquet si ils souhaitent prendre en charge de tels schémas de FEC.

7 Spécifications de schéma de FEC

Une spécification pour un nouveau schéma de FEC DOIT inclure les choses suivantes :

1. La valeur de l'identifiant de codage de FEC qui identifie de façon univoque le schéma de FEC. Cette valeur DOIT être enregistrée par l'IANA comme décrit à la Section 12.

2. Le type, la sémantique, et le format de codage d'un ou deux identifiants de charge utile de FEC. Lorsque deux formats d'identifiant de charge utile de FEC sont spécifiés, alors le schéma de FEC DOIT être un code de FEC systématique et un format d'identifiant de charge utile de FEC DOIT être désigné pour être utilisé avec les paquets qui portent seulement des symboles de source, et l'autre format d'identifiant de charge utile de FEC DOIT être désigné pour être utilisé avec les paquets qui portent au moins un symbole de réparation.
3. Le type et la sémantique des informations de transmission d'objet de FEC. Le schéma de FEC PEUT définir des restrictions supplémentaires sur le type (incluant une gamme de valeurs) des éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs.
4. Un format de codage pour les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs utilisés par le schéma de FEC.

Les schémas de FEC pleinement spécifiés DOIVENT de plus spécifier :

1. Une pleine spécification du code de FEC. Cette spécification DOIT définir précisément les valeurs valides d'informations de transmission d'objet de FEC, les valeurs valides d'identifiant de charge utile de FEC, et les tailles valides de charge utile de paquet pour tous les objets (où une charge utile de paquet se réfère à l'espace -- pas nécessairement contigu -- au sein d'un paquet dédié au portage d'octets de symbole de codage). De plus, étant donné un objet, les valeurs valides pour chaque élément d'informations de transmission d'objet de FEC utilisé par le schéma de FEC, une valeur valide d'identifiant de charge utile de FEC, et une taille valide de charge utile de paquet, la spécification DOIT définir de façon univoque les valeurs des octets du symbole de codage à inclure dans la charge utile de paquet d'un paquet avec la valeur d'identifiant de charge utile de FEC donnée. Une façon courante et simple de spécifier le code de FEC au niveau de détail requis est de fournir une spécification précise d'un algorithme de codage qui, étant donné un objet, valide les valeurs pour chaque élément d'informations de transmission d'objet de FEC utilisé par le schéma de FEC pour l'objet, un identifiant de charge utile de FEC valide, et une longueur de charge utile de paquet comme entrée produit la valeur exacte des octets de symbole de codage en sortie.
2. Une description des algorithmes pratiques de codage et décodage. Cette description n'a pas besoin d'être du même niveau de détails que pour le (1) ci-dessus ; cependant, elle doit être suffisante pour démontrer que le codage et le décodage du code sont à la fois possibles et pratiques.

Les spécifications de schéma de FEC PEUVENT de plus définir ce qui suit :

1. Le type, la sémantique, et le format de codage d'un élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma.

Noter que si un schéma de FEC ne définit pas d'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma, un tel élément NE DOIT alors PAS être introduit dans de futures versions de schéma de FEC. Cette exigence est incluse pour assurer la rétro-compatibilité des CDP destinés à prendre en charge seulement les schémas de FEC qui n'utilisent pas l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifiques du schéma.

Chaque fois qu'une spécification de schéma de FEC définit un "format de codage" pour un élément, cela doit être défini en termes de séquence d'octets qui peut être incorporée dans un protocole. La longueur du format de codage DOIT être fixée, ou il doit être possible de déduire la longueur de l'examen des octets codés eux-mêmes. Par exemple, les octets initiaux peuvent inclure une sorte d'indication de longueur

Les schémas de FEC DEVRAIENT faire usage des éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs de préférence à l'inclusion d'informations dans un élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma.

Les spécifications de schéma de FEC DEVRAIENT utiliser la terminologie définie dans le présent document et DEVRAIENT suivre le format suivant :

1. Introduction : <définir si le schéma est pleinement spécifié ou sous spécifié>
<décrire les cas d'utilisation visés par ce schéma de FEC>
2. Formats et Codes
 - 2.1 Identifiants de charge utile de FEC <définir le type et le format d'un ou deux identifiants de charge utile de FEC>

2.2 Informations de transmission d'objet de FEC

2.2.1 Obligatoire <définit la valeur de l'identifiant de codage de FEC pour ce schéma de FEC>

2.2.2 Commun <décrit quels éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs sont utilisés par ce schéma de FEC, définit leurs gammes de valeurs, et définit pour eux un format de codage>

2.2.3 Spécifique du schéma <définit les informations de transmission d'objet de FEC spécifiques du schéma, incluant un format de codage, si nécessaire>

3. Procédures <décrit toutes les procédures spécifiques de ce schéma de FEC, en particulier la déduction et l'interprétation des champs dans l'identifiant de charge utile de FEC et les informations de transmission d'objet de FEC.>

4. Spécification du code de FEC (seulement pour les schémas de FEC pleinement spécifiés) <donne une spécification complète du code de FEC>

Les spécifications PEUVENT inclure des sections supplémentaires comme celles qui contiennent des exemples.

Chaque schéma de FEC DOIT être spécifié indépendamment de tous les autres schémas de FEC ; par exemple, dans une spécification séparée ou une section complètement indépendante d'une spécification plus large.

8 Spécifications de CDP

Une spécification pour un CDP qui utilise ce bloc de construction DOIT inclure les choses suivantes :

1. Définitions d'un format de codage pour l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC obligatoires.
2. Un moyen de communiquer fiablement l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC obligatoires de l'expéditeur aux récepteurs en utilisant le format de codage défini en (1).
3. Le moyen de communiquer de façon fiable l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC communes de l'expéditeur aux récepteurs en utilisant soit (a) le format de codage défini par le schéma de FEC, soit (b) les formats de codage définis par le CDP, ou les deux.
4. Un moyen de communiquer fiablement l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma de l'expéditeur aux récepteurs en utilisant le format de codage de l'élément d'informations de transmission d'objet de FEC spécifique du schéma défini par le schéma de FEC.
5. Un moyen de communiquer l'identifiant de charge utile de FEC en association avec un paquet de données. Noter que le format de codage de l'identifiant de charge utile de FEC est défini par le schéma de FEC.

Si l'option (b) du (3) ci-dessus est utilisée, alors le CDP DOIT spécifier un format de codage pour les éléments d'informations de transmission d'objet de FEC communs.

Les CDP PEUVENT de plus spécifier les choses suivantes :

1. Un moyen d'indiquer si l'identifiant de charge utile de FEC dans un paquet est codé selon le format pour les paquets incluant seulement des symboles de source ou selon le format des paquets incluant au moins un symbole de réparation.

9 Algorithmes courants

Cette Section décrit certains algorithmes qui sont supposés être couramment requis par les schémas de FEC ou par les CDP. Les schémas de FEC et de CDP DEVRAIENT utiliser ces algorithmes de préférence à des algorithmes spécifiques de schéma ou protocole, lorsque approprié.

9.1 Algorithme de partition de bloc

Cet algorithme calcule une partition d'un objet en blocs de source afin que tous les blocs de source soient aussi proches de l'égalité de longueur que possible. Un premier nombre de blocs de source sont de la même plus grande longueur, et le second nombre de blocs de source restants sont de la même plus petite longueur.

Cet algorithme est décrit en deux étapes, dont la seconde peut être utile par elle-même comme un algorithme indépendant dans certains cas. Dans la première étape, le nombre de symboles de source (T) et le nombre de blocs de source (N) sont déduits de la longueur de transfert d'objet (L), de la longueur maximum de bloc de source (B), et de la longueur de symbole (E).

Dans la seconde étape, la partition de l'objet est déduite du nombre de symboles de source (T) et du nombre de blocs de source (N). La partition est définie en termes d'un premier nombre de blocs de source (I), d'un second nombre de blocs de source (N-I), de la longueur de chacun des premiers blocs de source (A_large), et de la longueur de chacun des seconds blocs de source (A_small).

La notation suivante est utilisée dans la description qui suit :

ceil[x] note x arrondi au plus proche entier supérieur.

floor[x] note x arrondi au plus proche entier inférieur.

9.1.1 Première étape

Entrées :

B : Longueur maximum de bloc de source, c'est-à-dire, le nombre maximum de symboles de source par bloc de source.

L : Longueur de transfert en octets.

E : Longueur de symbole de codage en octets.

Résultat :

T : nombre de symboles de source dans l'objet.

N : nombre de blocs de source dans lequel l'objet devra être partitionné.

Algorithme :

1. Le nombre de symboles de source dans l'objet de transport est calculé par $T = \text{ceil}[L/E]$.

2. L'objet de transport devra être partitionné en $N = \text{ceil}[T/B]$ blocs de source.

9.1.2 Seconde étape

Entrées :

T : nombre de symboles de source dans l'objet.

N : nombre de blocs de source en lequel l'objet est partitionné.

Résultat :

I : nombre de plus grands blocs de source.

A_large : longueur de chacun des plus grands blocs de source dans les symboles.

A_small : longueur de chacun des plus petits blocs de source dans les symboles.

Algorithme :

1. $A_large = \text{ceil}[T/N]$

2. $A_small = \text{floor}[T/N]$

3. $I = T - A_small * N$

Chacun des I premiers blocs de source consiste alors en A_large symboles de source ; chaque symbole de source est long de E octets. Chacun des N-I blocs de source restants consiste en A_small symboles de source ; chaque symbole de source est long de E octets, sauf le dernier symbole de source du dernier bloc de source qui est long de $L - ((N-1)/E)$ arrondi au plus proche entier inférieur)*E octets.

10 Exigences provenant d'autres blocs de construction

Le bloc de construction de FEC ne prend pas en charge le contrôle d'encombrement. Tout CDP complet DOIT fournir un contrôle d'encombrement qui se conforme à la [RFC2357], et donc cela DOIT être fourni par un autre bloc de construction quand le bloc de construction de FEC est utilisé dans un CDP.

Il n'y a pas d'autres exigences spécifiques provenant d'autres blocs de construction pour l'utilisation de ce bloc de construction de FEC. Cependant, tout CDP qui utilise le bloc de construction de FEC peut utiliser d'autres blocs de

construction, par exemple, pour prendre en charge l'envoi d'informations de session de niveau supérieur au sein des paquets de données qui contiennent des symboles de codage de FEC.

11 Considérations sur la sécurité

La livraison des données peut être sujette à des attaques de déni de service par des attaquants qui envoient des paquets corrompus acceptés comme légitimes par les receveurs. Ceci est particulièrement un souci pour la livraison de diffusion groupée parce qu'un paquet corrompu peut être injecté dans la session proche de la racine de l'arborescence de diffusion groupée, et dans ce cas, le paquet corrompu va arriver chez de nombreux receveurs. Ceci est particulièrement un souci pour le bloc de construction de FEC parce que l'utilisation de même un seul paquet corrompu contenant des données de codage peut résulter en le décodage d'un objet qui est complètement corrompu et inutilisable. Il est donc RECOMMANDÉ que l'authentification de la source et la vérification de l'intégrité soient appliquées aux objets décodés avant la livraison des objets à une application. Par exemple, un hachage SHA-1 [FIPS180-1] d'un objet peut être ajouté avant transmission, et le hachage SHA-1 est calculé et vérifié après que l'objet est décodé, mais avant qu'il soit livré à une application. L'authentification de la source DEVRAIT être fournie, par exemple, en incluant une signature numérique vérifiable par le receveur et calculée au dessus de la valeur du hachage. Il est aussi RECOMMANDÉ qu'un protocole d'authentification de paquet tel que l'authentification tolérante aux pertes de flux à synchronisation efficace (TESLA, *Timed Efficient Stream Loss-Tolerant Authentication*) [RFC4082] soit utilisé pour détecter et éliminer les paquets corrompus à l'arrivée. De plus, il est RECOMMANDÉ que des vérifications de la transmission sur le chemin inverse soient activées dans tous les routeurs et commutateurs du réseau le long du chemin de l'expéditeur aux receveurs pour limiter la possibilité qu'un agent malveillant réussisse à injecter un paquet corrompu dans le chemin de données de l'arborescence de diffusion groupée.

Un autre souci de sécurité est que certaines informations de FEC peuvent être obtenues par des receveurs hors bande dans une description de session, et si la description de session est falsifiée ou corrompue, les receveurs ne vont alors pas utiliser le protocole correct pour décoder le contenu des paquets reçus. Pour éviter ces problèmes, il est RECOMMANDÉ que des mesures soient prises pour empêcher les receveurs d'accepter des descriptions de session incorrectes, par exemple, en utilisant l'authentification de la source pour s'assurer que les receveurs n'acceptent que des descriptions de session légitimes provenant d'expéditeurs autorisés.

12 Considérations relatives à l'IANA

Les valeurs des identifiants de codage de FEC et des identifiants d'instance de FEC sont à enregistrer auprès de l'IANA. Elles sont dans le registre "Identifiants de codage de FEC et identifiants d'instance de FEC de transport fiable de diffusion groupée (RMT)" situé au moment de cette publication à <http://www.iana.org/assignments/rmt-fec-parameters>

Les identifiants de codage de FEC et les identifiants d'instance de FEC sont hiérarchiques : la portée des identifiants de codage de FEC définit des gammes indépendantes d'identifiants d'instance de FEC. Seuls les identifiants de codage de FEC qui correspondent aux schémas de FEC sous spécifiés définissent un ensemble correspondant d'identifiants d'instance de FEC.

L'identifiant de codage de FEC et les identifiants d'instance de FEC sont des entiers non négatifs.

Dans le présent document, la gamme des valeurs pour les identifiants de codage de FEC est de 0 à 255. Les valeurs de 0 à 127 sont réservées pour les schémas de FEC pleinement spécifiés, et les valeurs de 128 à 255 sont réservées pour les schémas de FEC sous spécifiés, comme décrit plus en détails au paragraphe 6.1.

12.1 Lignes directrices explicites d'allocation par l'IANA

Le présent document définit un espace de noms pour les identifiants de codage de FEC appelé "ietf:rmt:fec:encoding".

Les valeurs qui peuvent être allouées dans l'espace de noms "ietf:rmt:fec:encoding" sont des indices numériques dans la gamme [0, 255], limites incluses. Les demandes d'allocation sont accordées sur la base du "consensus de l'IETF", comme défini dans la [RFC2434]. La Section 7 définit les exigences explicite que devraient satisfaire les documents qui définissent de nouveaux identifiants de codage de FEC.

Le présent document définit aussi un espace de noms pour les identifiants d'instance de FEC appelé "ietf:rmt:fec:encoding:instance".

L'espace de noms "ietf:rmt:fec:encoding:instance" est un sous espace de noms associé à l'espace de noms "ietf:rmt:fec:encoding". Chaque valeur de "ietf:rmt:fec:encoding" allouée dans la gamme de [128, 255] a un sous espace de noms séparé "ietf:rmt:fec:encoding:instance" qui lui donne sa portée. Les valeurs de "ietf:rmt:fec:encoding" dans la gamme de [0, 127] ne définissent pas de portée de sous espace de noms "ietf:rmt:fec:encoding:instance".

Les valeurs qui peuvent être allouées au sein de chaque sous espace de noms "ietf:rmt:fec:encoding:instance" sont des entiers non négatifs inférieurs à 65536. Les demandes d'allocation sont accordées sur la base du "premier arrivé, premier servi" comme défini dans la [RFC2434]. La même valeur de "ietf:rmt:fec:encoding:instance" peut être allouée dans plusieurs sous espace de noms distincts, c'est-à-dire, la même valeur de "ietf:rmt:fec:encoding:instance" peut être utilisée pour plusieurs valeurs de "ietf:rmt:fec:encoding".

Une demande d'allocation de "ietf:rmt:fec:encoding:instance" DOIT fournir les informations suivantes :

- o La valeur de "ietf:rmt:fec:encoding" qui détermine la portée du sous espace de noms "ietf:rmt:fec:encoding:instance". Elle doit être dans la gamme [128, 255].
- o Les informations de point de contact.
- o Un pointeur sur une documentation publiquement accessible décrivant le schéma de FEC sous spécifié, associé à la valeur de "ietf:rmt:fec:encoding:instance" allouée, et un moyen de l'obtenir (par exemple, un pointeur sur une référence de mise en œuvre publiquement disponible ou le nom et les contacts d'une entreprise qui la vend, soit séparément, soit incorporée dans un produit).

Il est de la responsabilité du demandeur de garder toutes ces informations à jour.

13 Changements depuis la RFC 3452

Cette Section fait la liste des changements entre la version expérimentale de cette spécification, la [RFC3452], et la présente version :

- o Les exigences pour la définition d'un nouveau schéma de FEC et les exigences pour la spécification de nouveaux protocoles de livraison de contenu qui utilisent des schémas de FEC sont rendues plus explicites pour permettre une définition indépendante des schémas de FEC et des protocoles de livraison de contenu.
- o Les définitions des schémas de base de FEC ont été retirées dans l'intention de les publier séparément.
- o Les informations de transmission d'objet de FEC (OTI) sont définies de façon plus explicite, et en particulier, trois classes d'OTI de FEC (obligatoire, commun, et spécifique du schéma) sont introduites pour permettre de réutiliser la définition des champs explicites dans les protocoles de livraison de contenu pour porter ces éléments.
- o Il est exigé que les schémas de FEC spécifient un codage complet pour la transmission d'objet de FEC, qui peut être porté de façon transparente par les protocoles de livraison de contenu (au lieu de définir des éléments explicites).
- o La possibilité pour les schémas de FEC de définir deux formats d'identifiant de charge utile de FEC à utiliser avec les paquets, respectivement de source et de réparation, dans le cas où les codes de FEC systématiques sont introduits.
- o L'algorithme de blocage de fichier provenant de FLUTE est inclus ici comme algorithme courant dont l'utilisation est recommandée dans les schémas de FEC quand approprié.

14 Remerciements

Le présent document s'appuie largement sur la [RFC3452], et donc les remerciements sont dus aux auteurs de ce document : J. Gemmell, L. Rizzo, M. Handley et J. Crowcroft.

15 Références

15.1 Références normatives

- [RFC2119] S. Bradner, "[Mots clés à utiliser](#) dans les RFC pour indiquer les niveaux d'exigence", BCP 14, mars 1997. (MàJ par [RFC8174](#))
- [RFC2434] T. Narten et H. Alvestrand, "Lignes directrices pour la rédaction d'une section Considérations relatives à l'IANA dans les RFC", BCP 26, octobre 1998. (Rendue obsolète par la [RFC5226](#))

15.2 Références pour information

- [FIPS180-1] Federal Information Processing Standards Publication (FIPS PUB) 180-1, "Secure Hash Standard", 17 avril 1995.
- [RFC2357] A. Mankin, A. Romanov, S. Bradner et V. Paxson, "Critères de l'IETF pour l'évaluation des protocoles de transport et d'application de diffusion groupée fiable", juin 1998. (*Information*)
- [RFC3048] B. Whetten, L. Vicisano, R. Kermode, M. Handley, S. Floyd et M. Luby, "[Blocs de construction de transport fiable en diffusion groupée pour transfert de données en vrac en point à multipoint](#)", janvier 2001. (*Information*)
- [RFC3269] R. Kermode et L. Vicisano, "Lignes directrices pour les auteurs de documents de mise en œuvre de protocole et de blocs de construction de transport fiable en diffusion groupée (RMT)", avril 2002.
- [RFC3452] M. Luby, L. Vicisano, J. Gemmell, L. Rizzo, M. Handley et J. Crowcroft, "Bloc de construction de correction d'erreur directe (FEC)", décembre 2002. (*Exp., rendue obsolète par la RFC5052*)
- [RFC3453] M. Luby et autres, "[Utilisation de la correction d'erreur directe](#) (FEC) en diffusion groupée fiable", décembre 2002. (*Info.*)
- [RFC3926] T. Paila, M. Luby, R. Lehtonen, V. Roca et R. Walsh, "FLUTE – Livraison de fichier sur transport unidirectionnel", octobre 2004. (*Remplacée par la RFC6726*)
- [RFC4082] A. Perrig et autres, "[Authentification de flux tolérante aux pertes](#) en temps efficace (TESLA) : Introduction à la transformation d'authentification de source de diffusion groupée", juin 2005. (*Information*)

Adresse des auteurs

Mark Watson
Digital Fountain
39141 Civic Center Drive
Suite 300
Fremont, CA 94538
U.S.A.
mél : mark@digitalfountain.com

Michael Luby
Digital Fountain
39141 Civic Center Drive
Suite 300
Fremont, CA 94538
U.S.A.
mél : luby@digitalfountain.com

Lorenzo Vicisano
Digital Fountain
39141 Civic Center Drive
Suite 300
Fremont, CA 94538
U.S.A.
mél : lorenzo@digitalfountain.com

Déclaration complète de droits de reproduction

Copyright (C) The Internet Society (2007)

Le présent document est soumis aux droits, licences et restrictions contenus dans le BCP 78, et sauf pour ce qui est mentionné ci-après, les auteurs conservent tous leurs droits.

Le présent document et les informations contenues sont fournis sur une base "EN L'ÉTAT" et le contributeur, l'organisation qu'il ou elle représente ou qui le/la finance (s'il en est), la INTERNET SOCIETY, le IETF TRUST et la INTERNET ENGINEERING TASK FORCE déclinent toutes garanties, exprimées ou implicites, y compris mais non limitées à toute garantie que l'utilisation des informations encloses ne viole aucun droit ou aucune garantie implicite de commercialisation ou d'aptitude à un objet particulier.

Propriété intellectuelle

L'IETF ne prend pas position sur la validité et la portée de tout droit de propriété intellectuelle ou autres droits qui pourraient être revendiqués au titre de la mise en œuvre ou l'utilisation de la technologie décrite dans le présent document ou sur la mesure dans laquelle toute licence sur de tels droits pourrait être ou n'être pas disponible ; pas plus qu'elle ne prétend avoir accompli aucun effort pour identifier de tels droits. Les informations sur les procédures de l'ISOC au sujet des droits dans les documents de l'ISOC figurent dans les BCP 78 et BCP 79.

Des copies des dépôts d'IPR faites au secrétariat de l'IETF et toutes assurances de disponibilité de licences, ou le résultat de tentatives faites pour obtenir une licence ou permission générale d'utilisation de tels droits de propriété par ceux qui mettent en œuvre ou utilisent la présente spécification peuvent être obtenues sur le répertoire en ligne des IPR de l'IETF à <http://www.ietf.org/ipr>.

L'IETF invite toute partie intéressée à porter son attention sur tous copyrights, licences ou applications de licence, ou autres droits de propriété qui pourraient couvrir les technologies qui peuvent être nécessaires pour mettre en œuvre la présente norme. Prière d'adresser les informations à l'IETF à ietf-ipr@ietf.org.

Remerciement

Le financement de la fonction d'éditeur des RFC est actuellement fourni par la Internet Society.