

Recommandation

## **UIT-T F.748.24 (04/2024)**

SÉRIE F: Services de télécommunication non téléphoniques

Services multimédias

---

**Cadre d'évaluation de confiance des  
contributions aux services d'apprentissage  
automatique fédéré**



RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE F  
Services de télécommunication non téléphoniques

SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE	F.1-F.109
Méthodes d'exploitation pour le service télégraphique public international	F.1-F.19
Le réseau gentex	F.20-F.29
Commutation de messages	F.30-F.39
Le service international de télémessagerie	F.40-F.58
Le service télex international	F.59-F.89
Statistiques et publications des services télégraphiques internationaux	F.90-F.99
Services de télécommunication à location et à heures prédéterminées	F.100-F.104
Services phototélégraphiques	F.105-F.109
SERVICE MOBILE	F.110-F.159
Service mobile et services mult destination par satellite	F.110-F.159
SERVICES TÉLÉMATIQUES	F.160-F.399
Service public de télécopie	F.160-F.199
Service télétext	F.200-F.299
Service vidéotext	F.300-F.349
Dispositions générales relatives aux services télématiques	F.350-F.399
SERVICES DE MESSAGERIE	F.400-F.499
SERVICES D'ANNUAIRE	F.500-F.549
COMMUNICATION DE DOCUMENTS	F.550-F.599
Communication de documents	F.550-F.579
Interfaces de communication de programmation	F.580-F.599
SERVICES DE TRANSMISSION DE DONNÉES	F.600-F.699
<b>SERVICE MULTIMEDIA</b>	<b>F.700-F.799</b>
SERVICES DU RNIS	F.800-F.849
TÉLÉCOMMUNICATIONS PERSONNELLES UNIVERSELLES	F.850-F.899
ACCESSIBILITÉ ET FACTEURS HUMAINS	F.900-F.999

*Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.*

## Recommandation UIT-T F.748.24

### Cadre d'évaluation de confiance des contributions aux services d'apprentissage automatique fédéré

#### Résumé

L'apprentissage automatique fédéré (FML, *federated machine learning*) est un cadre réparti en plein essor qui ouvre la voie à l'apprentissage automatique (ML, *machine learning*) collaboratif et à la construction de modèles s'appuyant sur des ensembles de données répartis et décentralisés. Un service d'apprentissage fédéré présente des caractéristiques qui lui sont propres, notamment l'emplacement des données utilisées dans le calcul et la mise à disposition de ces données sans les rendre visibles. Les participants au service peuvent ainsi entraîner de manière conjointe des modèles ML sans partager les données brutes, ce qui offre une solution technique pour casser l'isolement des données et favorise la coopération entre propriétaires de données.

Un service FML fait intervenir de multiples participants, lesquels présentent des facteurs d'impact distincts et apportent de ce fait une contribution spécifique aux tâches d'entraînement des modèles ML. Il est capital de disposer d'un mécanisme efficace et sûr d'évaluation des contributions aux services FML, afin d'accroître la participation des parties impliquées et de favoriser le développement durable de ces services.

La Recommandation UIT-T F.748.24 décrit un service d'évaluation de confiance des contributions aux services FML qui associe et tire avantage des fonctionnalités FML et de la technologie des registres distribués; elle expose également les concepts, caractéristiques, prescriptions et cas d'utilisation pertinents, et définit un cadre de référence adéquat et les capacités communes d'un tel service.

#### Historique \*

Édition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique
1.0	UIT-T F.748.24	2024-04-15	16	11.1002/1000/15609

#### Mots clés

Degré de contribution, service d'évaluation, apprentissage automatique fédéré.

---

\* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <https://handle.itu.int/> dans votre navigateur web, suivi de l'identifiant unique.

## AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

## NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

## DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets ou par des droits d'auteur afférents à des logiciels, et dont l'acquisition pourrait être requise pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter les bases de données appropriées de l'UIT-T disponibles sur le site web de l'UIT-T à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2024

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Champ d'application .....	1
2	Références.....	1
3	Définitions .....	1
	3.1 Termes définis ailleurs .....	1
	3.2 Termes définis dans la présente Recommandation .....	2
4	Acronymes et abréviations .....	2
5	Conventions .....	2
6	Aperçu d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services d'apprentissage automatique fédéré .....	3
7	Caractéristiques d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services FML et exigences applicables .....	4
	7.1 Caractéristiques d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services FML .....	4
	7.2 Exigences communes applicables aux services d'évaluation des contributions destinés aux services FML .....	5
8	Cadre de référence d'un service d'évaluation des contributions destinés aux services FML .....	6
	8.1 Agent de service FML .....	7
	8.2 Composante fonctionnelle de collecte de données .....	7
	8.3 Composante fonctionnelle de calcul des contributions .....	7
	8.4 Composante fonctionnelle de gestion des modèles ML .....	7
	8.5 Composante fonctionnelle d'agent DLT .....	8
	8.6 Composante fonctionnelle de gestion de tâches .....	8
9	Capacités communes d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services FML .....	8
	9.1 Stockage des données des services FML.....	8
	9.2 Enregistrement de l'identité des services FML.....	8
	9.3 Enregistrement des tâches d'entraînement de modèle FML des services FML .....	10
	9.4 Exécution des tâches d'entraînement des modèles FML (calcul ponctuel) ....	11
	9.5 Exécution des tâches d'entraînement des modèles FML (calcul en continu).....	13
	9.6 Évaluation des contributions aux tâches d'entraînement des modèles FML ..	15
10	Composantes fonctionnelles générales des coordinateurs d'entraînements FML et des participants aux entraînements .....	16
	10.1 Coordinateurs d'entraînements FML .....	16
	10.2 Participants aux entraînements FML.....	18
11	Considérations relatives à la sécurité.....	18

	<b>Page</b>
Appendice I – Cas d'utilisation d'un service d'évaluation des contributions destiné à des services FML .....	20
Bibliographie.....	21

# Recommandation UIT-T F.748.24

## Cadre d'évaluation de confiance des contributions aux services d'apprentissage automatique fédéré

### 1 Champ d'application

La présente Recommandation propose un service d'évaluation des contributions (CES) de confiance destiné aux services d'apprentissage automatique fédéré (FML); elle en détaille les exigences, le cadre de référence et les capacités communes.

La présente Recommandation comprend les éléments suivants:

- le concept, les caractéristiques et les exigences d'un CES destiné aux services FML;
- un cadre de référence et les capacités communes d'un CES destiné aux services FML;
- des cas d'utilisation d'un CES de confiance destiné aux services FML.

### 2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toutes les Recommandations et autres références étant sujettes à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et autres références énumérées ci-dessous. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

Aucune.

### 3 Définitions

#### 3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

**3.1.1 registre distribué** [b-UIT-T X.1400]: type de registre qui est partagé, dupliqué et synchronisé de manière distribuée et décentralisée.

**3.1.2 technologie de registres distribués (DLT)** [b-UIT-T X.1400]: technologie sur laquelle reposent le fonctionnement et l'emploi des registres distribués.

**3.1.3 système à technologie de registres distribués (système DLT)** [b-UIT-T X.1400]: système qui met en œuvre un registre distribué.

**3.1.4 apprentissage automatique fédéré (FML, *federated machine learning*)** [b-IEEE 3652.1]: l'apprentissage automatique fédéré est un cadre ou un système qui permet à plusieurs participants de construire des modèles d'apprentissage automatique de façon collaborative et de les utiliser sans divulguer les données brutes ni les données privées des participants, tout en offrant de bonnes performances.

**3.1.5 registre** [b-UIT-T X.1400]: mémoire d'informations contenant des relevés de transaction finals et définitifs (inaltérables).

**3.1.6 service** [b-UIT-T Y.2091]: ensemble de fonctions et de capacités offertes à un utilisateur par un fournisseur.

**3.1.7 confiance** [b-UIT-T Y.3052]: croyance et/ou confiance mesurable qui représente une valeur cumulée du passé et la valeur attendue pour l'avenir.

NOTE – On peut calculer et mesurer la confiance de façon quantitative et/ou qualitative. La confiance permet d'évaluer la valeur d'une entité, d'une chaîne de valeur comptant plusieurs parties prenantes, ou d'un comportement humain, notamment une prise de décision.

**3.1.8 système de confiance** [b-ISO/TR 15801]: système du domaine des technologies de l'information offrant la possibilité de gérer des informations de façon fiable.

**3.1.9 digne de confiance** [b-ISO/TR 15801]: qui est apte à faire la preuve de l'authenticité, de l'intégrité et de la disponibilité dans le temps des informations stockées.

## 3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

Aucun.

## 4 Acronymes et abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations et acronymes suivants:

CC	calculateur de contribution ( <i>contribution calculator</i> )
CES	service d'évaluation des contributions ( <i>contribution evaluation service</i> )
DC	collecte de données ( <i>data collection</i> )
DLT	technologie de registres distribués ( <i>distributed ledger technology</i> )
FC	composante fonctionnelle ( <i>functional component</i> )
FML	apprentissage automatique fédéré ( <i>federated machine learning</i> )
ML	apprentissage automatique ( <i>machine learning</i> )
MMM	gestion de modèle ML ( <i>ML model management</i> )
PII	informations d'identification personnelle ( <i>personally identifiable information</i> )
TM	gestion des tâches ( <i>task management</i> )

## 5 Conventions

Dans la présente Recommandation:

- L'expression "**il est obligatoire**" indique une exigence qui doit être strictement suivie et par rapport à laquelle aucun écart n'est permis pour pouvoir déclarer la conformité à la présente Recommandation.
- L'expression "**il est recommandé**" indique une exigence qui est recommandée mais qui n'est pas absolument nécessaire pour pouvoir déclarer la conformité à la présente Recommandation.
- L'expression "**peut, à titre d'option**" indique une exigence optionnelle qui est admissible, sans pour autant être en quoi que ce soit recommandée. Elle ne doit pas être interprétée comme l'obligation pour le fabricant de mettre en œuvre l'option et la possibilité pour l'opérateur de réseau ou le fournisseur de services de l'activer ou non, mais comme la possibilité pour le fabricant de fournir ou non cette option, sans que cela n'ait d'incidence sur la déclaration de conformité.



## **6 Aperçu d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services d'apprentissage automatique fédéré**

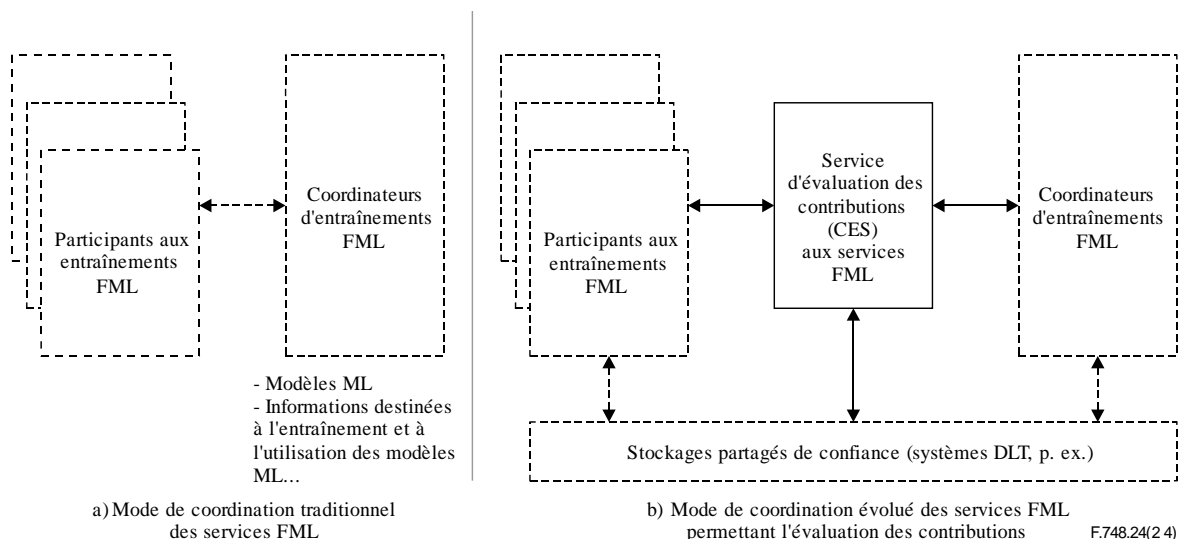
L'apprentissage automatique fédéré est un cadre réparti en plein essor qui ouvre la voie à la construction et à l'entraînement de modèles ML s'appuyant sur des ensembles de données répartis et décentralisés. Un service d'apprentissage fédéré présente des caractéristiques qui lui sont propres, notamment l'emplacement des données utilisées dans le calcul et la mise à disposition de ces données sans les rendre visibles. Les participants au service peuvent ainsi entraîner de manière conjointe des modèles ML sans partager directement les données brutes, ce qui offre une solution technique pour casser le cloisonnement des données et favorise la coopération entre propriétaires de données.

Un service FML fait intervenir plusieurs participants, chacun apportant habituellement une contribution spécifique aux tâches d'entraînement des modèles ML en raison des différences d'impact liées aux participants (quantité, qualité et types des ensembles de données) et des capacités de calcul et de communication. Il est capital de disposer d'un mécanisme efficace et sûr d'évaluation des contributions aux services FML, afin d'accroître la participation des parties impliquées et de favoriser le développement durable de ces services.

Dans le modèle classique de coordination d'un service FML, illustré à la Figure 6-1 a), les coordinateurs d'entraînement FML échangent directement, avec chaque participant à l'entraînement, les informations nécessaires à l'entraînement et à l'utilisation des modèles ML; les informations échangées comprennent généralement des modules, des paramètres et les index des ensembles de données. Les coordinateurs d'entraînement FML peuvent stocker la totalité des informations échangées et les modèles ML finals, mais chaque participant à l'entraînement ne conserve que la partie des informations échangées qu'il a lui-même générée. Dans ce mode de gestion, si l'on considère une tâche d'entraînement de modèle ML, seuls les coordinateurs d'entraînements FML disposent de toutes les informations nécessaires pour calculer le degré de contribution de chaque participant à un entraînement.

Les technologies de registres distribués (DLT) présentent des avantages inhérents à la gestion et au partage des données, tels que la communication de pair à pair, la décentralisation, l'inaltérabilité des données, l'ouverture, le consensus du plus grand nombre, ainsi que la prise en charge et l'automatisation des contrats intelligents. Les systèmes DLT peuvent servir de stockage partagé de confiance afin d'échanger les données nécessaires aux tâches d'entraînement des modèles ML, et dont ont également besoin les algorithmes et les modules pour pouvoir évaluer les contributions. Ce cas de figure permet aux coordinateurs d'entraînements FML et aux participants aux entraînements de calculer de manière indépendante et cohérente les degrés de contribution aux tâches d'entraînement des modèles ML.

Un service CES fiable s'appuie sur les avantages de la technologie DLT et renforce les capacités d'évaluation des contributions dans le cadre des services FML. La Figure 6-1 b) illustre le mode de coordination renforcé requis en vue de l'évaluation des contributions aux services FML. Dans ce mode de fonctionnement, les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements échangent les informations nécessaires à l'entraînement et à l'utilisation des modèles ML par l'entremise d'un service CES et de systèmes DLT. Le service CES gère les tâches d'entraînement des modèles ML et agit comme une passerelle permettant aux coordinateurs d'entraînements FML et aux participants aux entraînements d'échanger des informations en vue de l'entraînement et de l'utilisation des modèles ML. Le service CES assure également le stockage des informations pertinentes dans les systèmes DLT qui garantissent la fiabilité, l'intégrité, la cohérence, la disponibilité et la non-altération de ces informations. Avec l'appui de ces systèmes, le service CES fournit un service d'évaluation de confiance destiné à évaluer le degré de contribution de chaque participant aux services FML.



**Figure 6-1 – Aperçu d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services FML**

Les coordinateurs d'entraînements FML peuvent aussi stocker les modules d'entraînement des modèles ML et les modules d'évaluation des contributions dans les systèmes DLT, tandis que les participants aux entraînements peuvent y placer les informations d'indexation des ensembles de données. Coordinateurs comme participants peuvent en outre lancer les tâches d'entraînement des modèles ML par l'entremise du service CES et des systèmes DLT.

## **7 Caractéristiques d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services FML et exigences applicables**

### **7.1 Caractéristiques d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services FML**

#### **7.1.1 Collecte et gestion des données sur l'ensemble du cycle de vie des services FML**

Un service CES peut recueillir et gérer des données de traitement de services FML sur l'ensemble du cycle de vie de ces services. Les données ainsi collectées peuvent concerner, au minimum:

- la création de tâches d'entraînement ML;
- la gestion des tâches d'entraînement des modèles ML;
- la transmission entre les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements;
- l'entraînement et l'utilisation des modèles ML.

#### **7.1.2 Stockage de confiance pour les services FML**

Un service CES emploie un ou plusieurs systèmes DLT pour stocker de façon fiable les données échangées dans le cadre des tâches d'entraînement des modèles ML, ainsi que les algorithmes et les modules servant à évaluer les contributions. Ces systèmes garantissent la fiabilité, l'intégrité, la cohérence, la disponibilité et la non-altération des données.

NOTE – Un système DLT fait office de stockage partagé de confiance pour un service CES, mais le CES demeure indépendant des systèmes DLT, lesquels n'entrent pas dans le cadre de la présente Recommandation.

### **7.1.3 Modules connectables d'évaluation des degrés de contribution**

Un service CES dispose de modules connectables permettant d'évaluer les degrés de contribution. Ces modules sont habituellement transparents et stockés dans les systèmes DLT. Les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements peuvent utiliser et valider les modules connectables de manière indépendante.

NOTE – Le modèle de calcul des degrés de contribution est formulé et fourni de manière conjointe par les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements, et par le service CES. Le calcul des degrés de contribution n'entre pas dans le cadre de la présente Recommandation.

### **7.1.4 Évaluation indépendante du degré de contribution**

Un service FML fait intervenir de multiples participants et leur permet d'entraîner conjointement des modèles ML sans qu'il soit nécessaire de partager directement les données brutes. Un service CES fournit une méthode décentralisée d'évaluation des degrés de contribution grâce auquel chaque participant peut calculer sa contribution sans exposer ses données.

### **7.1.5 Cohérence des calculs des degrés de contribution**

Un coordinateur d'entraînement FML et un participant à l'entraînement qui utilisent la même méthode de calcul des contributions fournie par le service CES pour calculer le degré de contribution à une tâche d'entraînement FML obtiennent un résultat identique.

Lorsque les méthodes de calcul des contributions employées sont différentes, les résultats demeurent cohérents. Par exemple, si une première méthode détermine que le degré de contribution d'un participant A à un entraînement FML est supérieur à celui d'un participant B, on retrouvera cet ordre de grandeur en refaisant les calculs de contribution avec une autre méthode.

Les coordinateurs d'entraînement FML et les participants aux entraînements sont capables d'évaluer la fiabilité des résultats obtenus par les méthodes de calcul des contributions fournies par un service CES.

### **7.1.6 Sécurité et informations d'identification personnelle**

Un service CES prend en charge la sécurité des données et la protection des informations d'identification personnelle (PII) pendant la collecte et le stockage de données. Il donne accès aux données et dévoile les capacités en fonction de ses stratégies en matière de sécurité et de protection des PII.

## **7.2 Exigences communes applicables aux services d'évaluation des contributions destinés aux services FML**

### **7.2.1 Exigences pour le stockage des données**

- Il est obligatoire que le service CES assiste les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements en stockant les informations sur les tâches d'entraînement des modèles FML (par exemple la date et l'heure, la source des données, la quantité des données et leur qualité) dans les systèmes DLT après chaque passe d'agrégation d'une tâche d'entraînement de modèle FML.
- Il est obligatoire que le service CES assiste les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements en stockant l'état des tâches d'entraînement des modèles FML (par exemple la date et l'heure d'actualisation du modèle, les changements apportés aux paramètres du modèle et le résultat du modèle) dans les systèmes DLT après chaque passe d'agrégation d'une tâche d'entraînement de modèle FML.
- Il est obligatoire que le service CES assiste les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements en stockant les données opérationnelles des tâches d'entraînement dans les systèmes DLT après chaque passe d'agrégation d'une tâche d'entraînement de modèle FML.

- Il est obligatoire que le service CES assiste les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements en récupérant les données auprès de stockages de confiance partagés, tels les systèmes DLT.

NOTE – Les systèmes DLT peuvent servir de stockage de confiance pour les données échangées dans le cadre des tâches d'entraînement des modèles FML, ainsi que les algorithmes et les modules chargés d'évaluer les contributions.

### **7.2.2 Exigences pour l'obtention des données destinées au calcul des degrés de contribution**

- Il est obligatoire que le service CES assiste les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements en obtenant les données relatives aux tâches d'entraînement (par exemple la date et l'heure, la source des données, la quantité des données et leur qualité) à partir de systèmes DLT appropriés afin d'évaluer les degrés de contribution.
- Il est obligatoire que le service CES assiste les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements en obtenant l'état d'actualisation du modèle des tâches d'entraînement (par exemple la date et l'heure d'actualisation du modèle, les modifications apportées aux paramètres du modèle et le résultat du modèle) à partir de systèmes DLT appropriés afin d'évaluer les degrés de contribution.

### **7.2.3 Exigences pour la rétribution des participants et des coordinateurs**

- Il est recommandé qu'un service CES mette en place des mécanismes afin de rétribuer les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements, en obtenant et en validant leur degré de contribution aux services FML.
- Un service CES peut en outre, à titre d'option, motiver les participants à prendre part à un entraînement FML en leur communiquant des informations sur leur contribution à la tâche globale d'entraînement FML.

### **7.2.4 Exigences pour la gestion des modèles ML en vue du calcul des degrés de contribution**

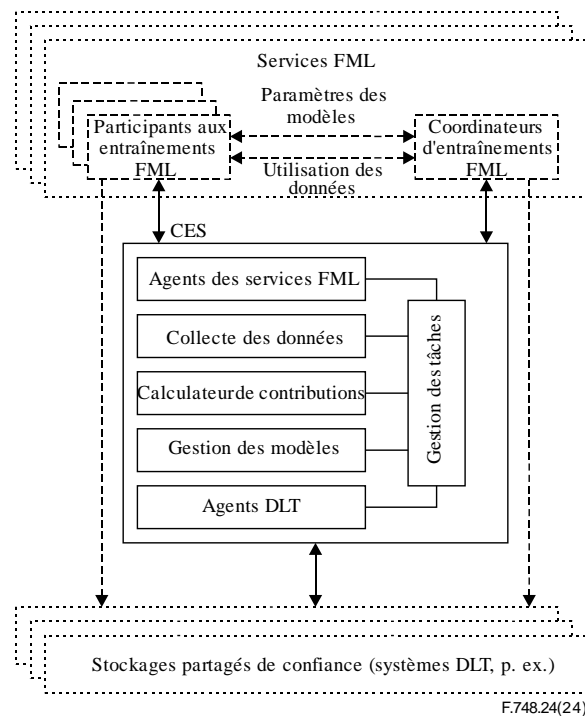
- Il est obligatoire que le service CES comporte un mécanisme de gestion de modèle ML (MMM) chargé d'assurer la sécurité des modèles ML.
- Il est obligatoire que le service CES fournisse des modules connectables permettant aux coordinateurs d'entraînements FML et aux participants aux entraînements d'évaluer leur degré de contribution.
- Il est obligatoire que le service CES comporte des mécanismes d'évaluation du degré de contribution chargés d'assurer la fiabilité des résultats du calcul des contributions.

### **7.2.5 Exigences pour la protection de sécurité**

- Un service CES est nécessaire pour fournir un mécanisme de sécurité pendant le transfert de données depuis ou vers des systèmes DLT.
- Un service CES est nécessaire pour fournir un mécanisme de protection des PII pendant le transfert de données depuis ou vers des systèmes DLT.

## **8 Cadre de référence d'un service d'évaluation des contributions destinés aux services FML**

Un service CES se compose de six composantes fonctionnelles (FC): agents de service FML, collecte de données, calculateur de contribution, gestion des modèles, agents DLT et gestion des tâches. La Figure 8-1 présente un Cadre de référence d'un service CES de confiance destiné aux services FML.



**Figure 8-1 – Cadre de référence d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services FML**

### 8.1 Agent de service FML

Les agents de service FML interagissent avec les services FML externes. Les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements se connectent aux agents de service FML afin d'échanger des informations sur les paramètres des modèles et l'usage qui est fait des données.

Les agents de service FML proposent des interfaces fonctionnelles permettant aux coordinateurs d'entraînements FML et aux participants aux entraînements d'interagir les uns avec les autres.

### 8.2 Composante fonctionnelle de collecte de données

La composante fonctionnelle de collecte de données (DC-FC) est au service des coordinateurs d'entraînements FML et des participants aux entraînements. La DC-FC collecte et gère les informations relatives à l'utilisation des données, à l'échange des données, à l'entraînement des modèles ML, à la gestion des modèles, etc.

### 8.3 Composante fonctionnelle de calcul des contributions

La composante fonctionnelle de calcul des contributions (CC-FC) a pour rôle de calculer les degrés de contribution. S'agissant des coordinateurs d'entraînements FML et des participants aux entraînements, la CC-FC calcule le degré de contribution de chacun à partir de l'état de l'entraînement FML, de l'utilisation des données, de la quantité des données, de leur qualité, des paramètres d'entraînement du modèle, et autres informations.

### 8.4 Composante fonctionnelle de gestion des modèles ML

La composante fonctionnelle de gestion de modèle ML (MMM-FC) assure une gestion fiable du cycle de vie complet des tâches d'entraînement des modèles ML. Une MMM-FC effectuée au minimum les actions suivantes:

- démarrage ou arrêt de l'entraînement ML;
- gestion des modèles MM;
- gestion des résultats de l'entraînement ML;

- gestion des résultats du calcul des degrés de contribution pour les services FML.

## 8.5 Composante fonctionnelle d'agent DLT

L'agent DLT d'un service CES interagit avec les systèmes DLT, lesquels offrent des capacités de stockage de confiance, de traçabilité et de gestion des données.

## 8.6 Composante fonctionnelle de gestion de tâches

La composante fonctionnelle de gestion des tâches (TM-FC) propose un mécanisme de gestion et des stratégies de service applicables aux tâches d'entraînement des modèles FML, notamment des mécanismes d'authentification de sécurité.

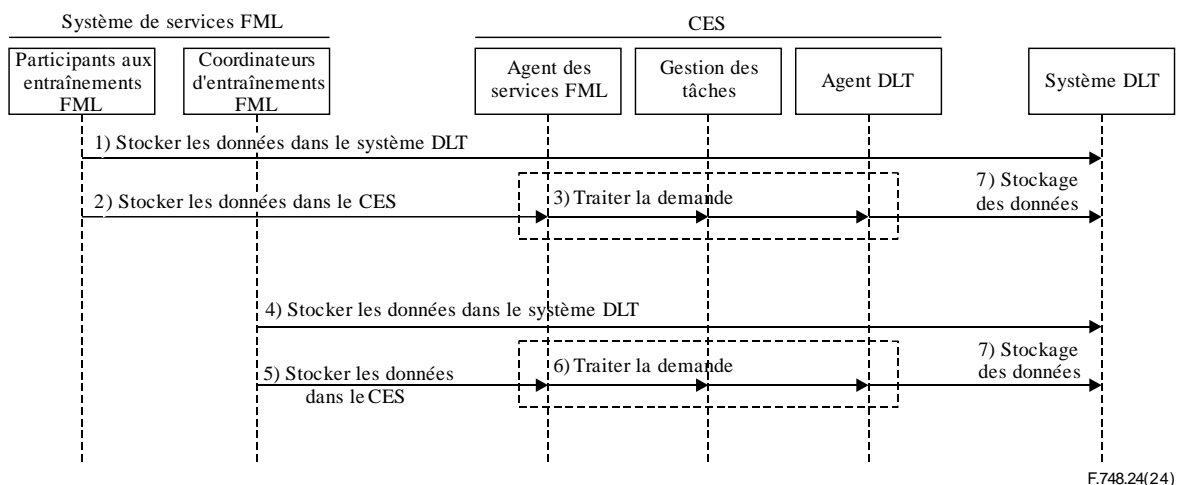
## 9 Capacités communes d'un service d'évaluation des contributions destiné aux services FML

Le présent paragraphe décrit les capacités communes et les procédures d'un service CES de confiance associé à des services FML, conformément aux prescriptions établies au paragraphe 7 et au cadre de référence détaillé au paragraphe 8.

### 9.1 Stockage des données des services FML

Se référant à la Figure 9-1 ci-après: les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements peuvent stocker les données directement dans un système DLT (étapes 1 et 4) ou gérer ce stockage via un service CES (étapes 2 et 5). Le service CES traite les données transmises par les services FML, il vérifie notamment leur validité et leur autorité (étapes 3 et 6). Après vérification et traitement, les données sont généralement stockées dans le système DLT (étape 7).

Les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements associent des informations d'identité aux données stockées. Si des informations relatives à une tâche d'entraînement FML sont stockées, il est nécessaire d'y adjoindre l'identité de la tâche. Si les données concernées sont stockées dans le système DLT par l'entremise d'un service CES, celui-ci associe ses propres informations d'identité aux données stockées, ce qui facilite les recherches, l'extraction et le traitement des données concernées.

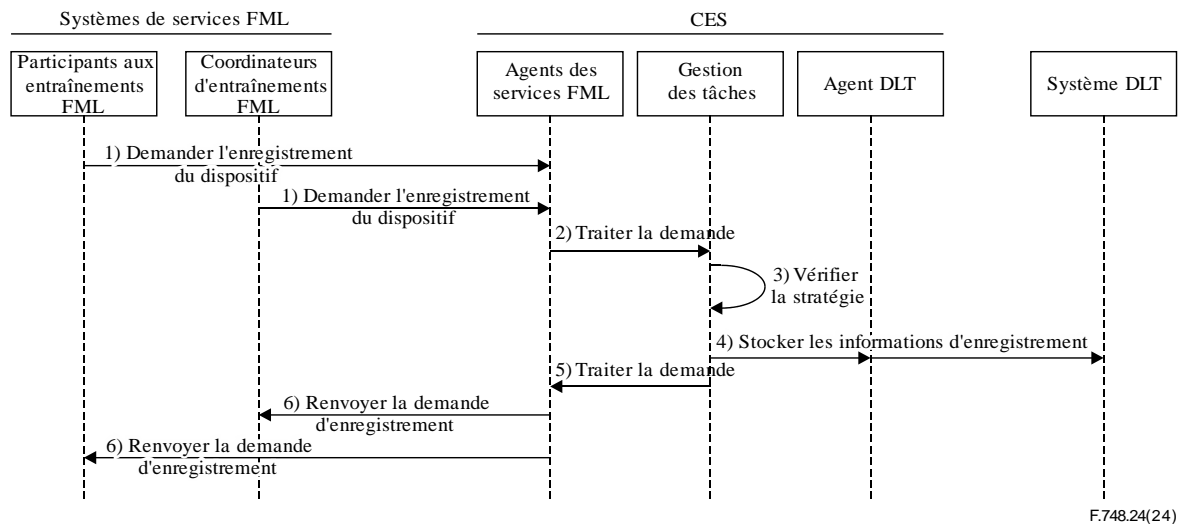


**Figure 9-1 – Procédure de référence pour le stockage des données dans un système FML**

### 9.2 Enregistrement de l'identité des services FML

En préalable à l'organisation ou à l'exécution des tâches d'entraînement FML, les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements s'enregistrent auprès d'un service CES.

Lors de cette étape d'enregistrement, les coordinateurs et les participants doivent fournir une identité d'utilisateur, une clé publique et des certificats. Les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements conservent la clé privée correspondant à la clé publique. Le service CES utilise sa propre clé privée pour signer les certificats, stocker les informations de signature dans les certificats correspondants et les transmettre en retour aux coordinateurs d'entraînements FML et aux participants aux entraînements. Le service CES stocke les informations d'enregistrement des coordinateurs d'entraînements FML et des participants aux entraînements, les informations associées pouvant également être stockées dans le système DLT. Voir la Figure 9-2.



**Figure 9-2 – Procédure de référence pour l'enregistrement des identités dans un système FML**

Les principales étapes de la procédure sont les suivantes:

Étape 1: un ou plusieurs coordinateurs d'entraînements FML et, en règle générale, plusieurs participants aux entraînements s'enregistrent auprès d'un service CES.

Étape 2: l'agent des services FML du service CES reçoit et traite les demandes; il octroie les autorisations et exécute d'autres aspects de la détection.

Étape 3: la composante fonctionnelle de gestion des tâches (TM-FC) du service CES vérifie les informations associées à la requête. Si les informations satisfont aux exigences, la TM-FC utilise la clé privée du service CES pour signer les certificats des coordinateurs d'entraînements FML et des participants aux entraînements.

Étape 4: si la vérification est concluante, la TM-FC du service CES stocke les données concernées dans les systèmes DLT par l'entremise de l'agent DLT.

Pendant la vérification des coordinateurs d'entraînements FML et des participants aux entraînements, le service CES peut obtenir, auprès de la plate-forme DLT, les informations de paramètre requises pour l'inspection.

Étapes 5 et 6: le service CES renvoie les informations d'enregistrement aux coordinateurs d'entraînements FML et aux participants aux entraînements. Une fois l'enregistrement effectué, les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements obtiennent leurs propres certificats signés par le service CES, ainsi que le certificat et la clé publique du service. En cas d'échec de l'enregistrement, le service informe les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements, et leur communique notamment les raisons de cet échec.

### 9.3 Enregistrement des tâches d'entraînement de modèle FML des services FML

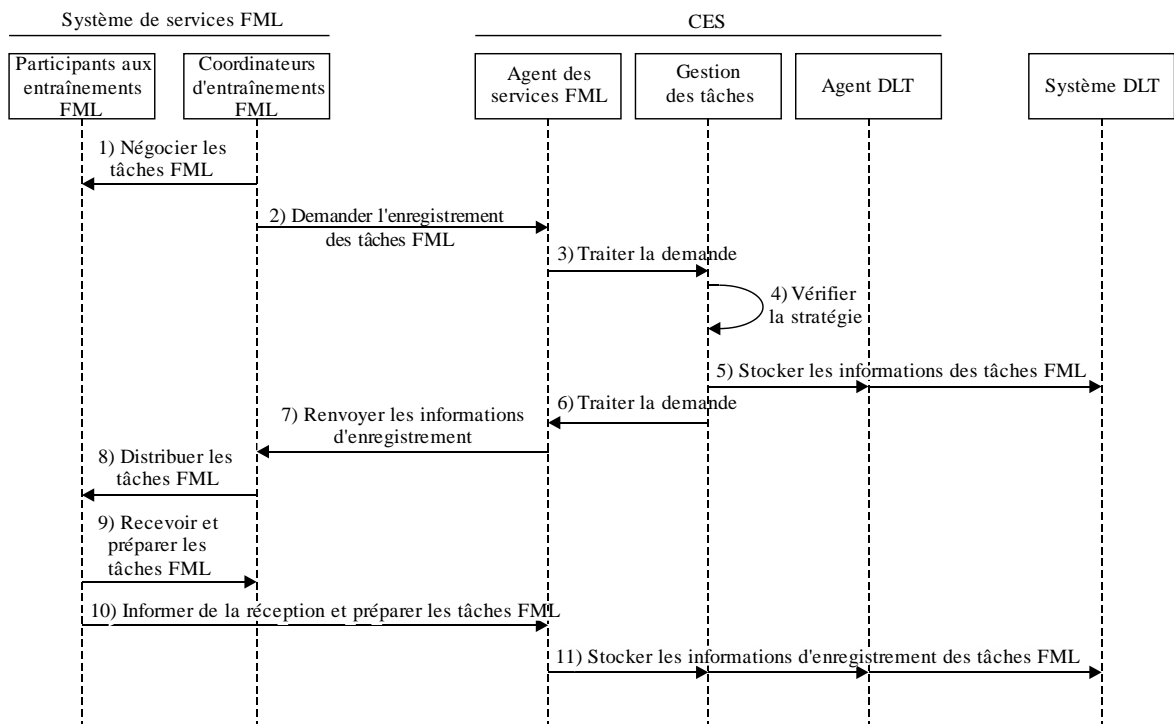
Les coordinateurs d'entraînements FML enregistrent les tâches d'enregistrement des modèles FML. Avant cela, les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements (qui peuvent être plusieurs) négocient les tâches, notamment le modèle FML concerné et les informations relatives aux ensembles de données.

Une fois la négociation achevée, et quelle qu'en soit l'issue, les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements stockent les informations afférentes dans le système DLT. Les opérations associées peuvent être stockées par l'entremise d'un service CES, ou directement dans le système DLT.

Lorsque la négociation de la tâche d'entraînement de modèle FML a abouti favorablement, les coordinateurs d'entraînements FML enregistrent les informations relatives à la tâche négociée dans le service CES, qui leur communique l'identité unique du service FML.

Une fois la tâche d'entraînement de modèle FML négociée et enregistrée, les coordinateurs d'entraînements FML communiquent les informations relatives à la tâche, notamment son identité, aux participants aux entraînements FML.

La tâche enregistrée est alors exécutée conjointement par les coordinateurs d'entraînement FML et les participants aux entraînements. Voir la Figure 9-3.



F.748.24(24)

**Figure 9-3 – Procédure de référence pour l'enregistrement des tâches d'entraînement des modèles FML dans un système FML**

Afin de protéger la confidentialité des données, chaque participant à la tâche d'entraînement du modèle FML chiffre les données en utilisant la clé publique d'un service CES ou l'algorithme ou la clé de chiffrement convenus à l'avance lors du stockage des données. Ainsi, seul le propriétaire de la clé privée du service CES ou le propriétaire de l'algorithme ou de la clé de déchiffrement convenus à l'avance peut déchiffrer et utiliser les données concernées. Dans le même temps, le service CES stocke des informations sur chaque participant à la tâche d'entraînement du modèle FML, de sorte que lors du calcul des contributions à cette tâche, seuls les participants sont autorisés à demander et à calculer le degré de contribution à partir de l'identité de la tâche.



Une fois l'enregistrement d'une tâche d'entraînement de modèle FML effectué, le service CES génère l'identité unique de la tâche concernée et la stocke directement avec les informations pertinentes sur la tâche, ou bien il confie le stockage au système DLT. Parallèlement, les participants à la tâche d'entraînement du modèle FML et le service CES s'accordent sur les méthodes et les paramètres de chiffrement des données qui seront manipulées. S'agissant des méthodes de chiffrement appropriées, les données peuvent être chiffrées directement en utilisant la clé publique du service CES; il est aussi possible d'employer d'autres méthodes de chiffrement-déchiffrement prédéfinies et des clés de chiffrement-déchiffrement aléatoires.

Les principales étapes de la procédure sont les suivantes:

Étape 1: les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements négocient la tâche d'entraînement de modèle FML.

Étape 2: en cas d'issue favorable de la négociation, les coordinateurs d'entraînements FML envoient les informations sur la tâche d'entraînement de modèle FML au service CES, pour que celui-ci les enregistre.

Étapes 3 et 4: la composante fonctionnelle de gestion de tâches (TM-FC) du service CES vérifie la stratégie attendue, pour s'assurer par exemple que les coordinateurs de l'entraînement FML et les participants à l'entraînement sont bien enregistrés, et que les informations décrivant la tâche d'entraînement du modèle FML sont complètes.

Étapes 5, 6 et 7: le service CES stocke les résultats du traitement, qui peuvent être conservés en parallèle dans le système DLT. Dans le même temps, les résultats de l'opération d'enregistrement sont renvoyés aux coordinateurs d'entraînements FML.

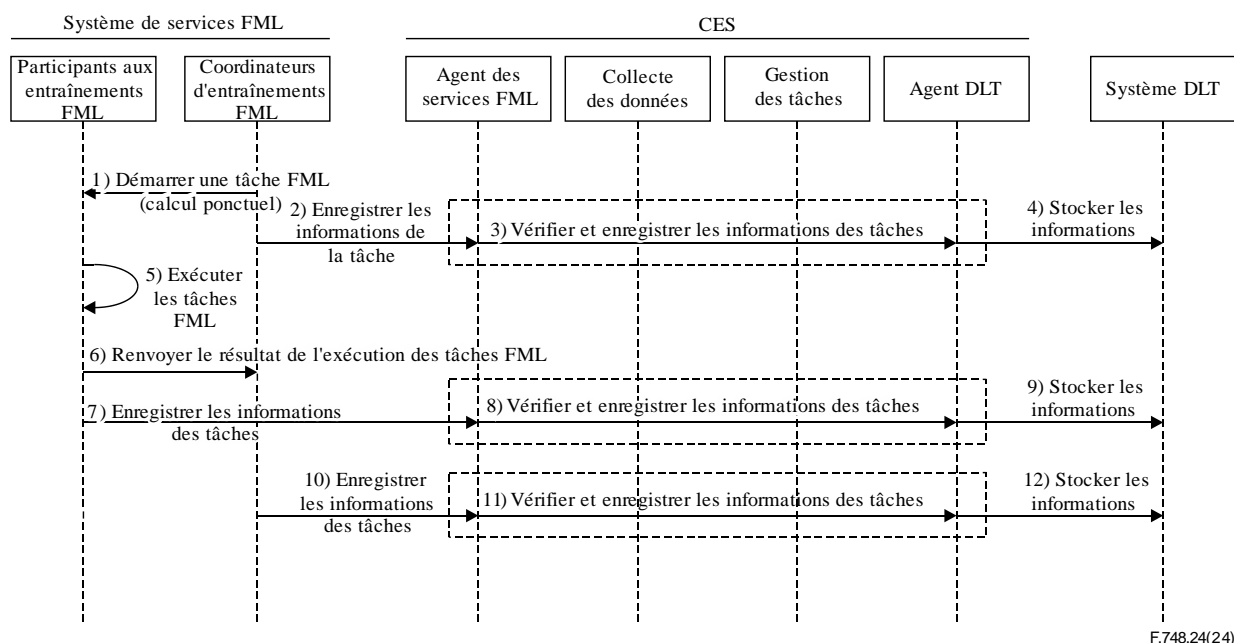
Étape 8: les coordinateurs d'entraînements FML transmettent les informations à chaque participant concerné.

Étapes 9, 10 et 11: chaque participant à l'entraînement concerné indique en retour aux coordinateurs de l'entraînement FML s'il accepte et prévoit de participer à la tâche d'entraînement du modèle FML. Il peut également informer le service CES pour que celui-ci stocke les informations adéquates.

#### **9.4 Exécution des tâches d'entraînement des modèles FML (calcul ponctuel)**

Une fois la tâche d'entraînement de modèle FML négociée et enregistrée avec succès, le coordinateur d'entraînements FML donne l'instruction à chaque participant aux entraînements de commencer à exécuter la tâche en question. Le processus qui s'ensuit et les données en résultant peuvent être enregistrées dans le système DLT par le service CES. Il est possible de chiffrer les données stockées en utilisant la clé publique du service CES ou un algorithme de chiffrement et une clé prédéfinis, avant leur écriture dans le système DLT.

Chaque participant à un entraînement FML relève les informations, par exemple quelle puissance de calcul a été nécessaire pour exécuter la tâche d'entraînement FML et à quelle quantité de ses données il a été nécessaire d'accéder, et les enregistre dans le système DLT via le service CES. Voir la Figure 9-4.



**Figure 9-4 – Procédure de référence pour l'exécution des tâches d'entraînement des modèles FML (calcul ponctuel)**

Les principales étapes de la procédure sont les suivantes :

Étape 1: après négociation et enregistrement, les coordinateurs d'entraînements FML informent chaque participant à l'entraînement qu'il peut exécuter une fois la tâche concernée. La notification contient l'identité, les modules d'entraînement de modèle et les paramètres de la tâche d'entraînement de modèle FML.

Elle peut également indiquer la méthode et la clé de chiffrement des données attendues en retour, que les participants à l'entraînement FML utiliseront pour renvoyer les données après calcul.

Enfin, la notification peut contenir des informations relatives aux autres participants à l'entraînement FML, comme l'identité et la description de la tâche.

Les coordinateurs d'entraînements peuvent chiffrer le contenu de la notification au moment de l'envoi, en utilisant pour cela la clé publique du participant à l'entraînement ou tout autre mécanisme de chiffrement-déchiffrement défini au préalable pendant la négociation. À réception de la notification, les participants à l'entraînement FML peuvent en déchiffrer le contenu au moyen de leur clé privée (ou du mécanisme de chiffrement-déchiffrement convenu au préalable).

Il est possible d'utiliser en sus d'autres mécanismes afin de protéger la sécurité et la confidentialité des communications entre les coordinateurs et les participants à l'entraînement FLM.

Étapes 2, 3 et 4: les coordinateurs d'entraînements FML stockent les informations sur l'état d'exécution de la tâche d'entraînement de modèle FML et lancent son exécution dans le système DLT par l'intermédiaire du service CES.

Les coordinateurs d'entraînements FML peuvent utiliser leur paire de clés privées lors du stockage des signatures des informations stockées. La méthode de signature peut consister à générer un condensé des données de clé (ou de la totalité des données) stockées dans les informations, puis à chiffrer le condensé avec la clé privée du coordinateur. Les informations de signature sont conservées conjointement avec les informations stockées dans le système DLT via le service CES.

Les coordinateurs d'entraînements FML peuvent chiffrer simultanément leurs propres informations et les données de signature correspondantes au moyen de la clé publique du service CES. De cette manière, la clé privée du service CES suffit pour consulter les informations pertinentes, ce qui garantit

la sécurité des données et la confidentialité des coordinateurs d'entraînements FML. Ce processus de chiffrement peut être géré par les coordinateurs d'entraînements FML eux-mêmes, ou par le service CES. Les coordinateurs d'entraînements FML peuvent également chiffrer les données d'intérêt au moyen d'algorithmes et de clés de chiffrement convenus au préalable.

Étape 5: les participants à l'entraînement FML concernés reçoivent la tâche d'entraînement de modèle FML transmise par les coordinateurs; ils l'analysent, puis l'exécutent.

La tâche d'entraînement de modèle FML fait l'objet d'une négociation préalable.

Si la tâche est chiffrée, les participants à l'entraînement FML la déchiffrent conformément aux règles convenues.

Les participants vérifient la tâche d'entraînement de modèle FML, la certifient, puis l'exécutent.

Pendant le processus de vérification, de certification et de mise en œuvre, les parties concernées calculent les informations pertinentes enregistrées par les participants en vue de les transférer vers le stockage et d'évaluer les contributions.

Étape 6: chaque participant à l'entraînement FML renvoie les résultats d'exécution aux différents coordinateurs de l'entraînement. L'acceptation et l'exécution d'une tâche entraînent un retour d'information du système FML; si la tâche n'est pas acceptée ou qu'elle n'est pas exécutée, les coordinateurs envoient les instructions correspondantes.

Étapes 7, 8 et 9: les participants à l'entraînement concernés chargent dans le système DLT, via le service CES, les informations relatives à la vérification, à l'authentification, à l'exécution et au retour d'information.

De la même manière que les coordinateurs, les participants à l'entraînement FML génèrent un condensé des informations stockées et le signent. Ils peuvent également chiffrer les informations correspondantes au moyen de la clé publique du service CES (ou d'autres algorithmes et clés de chiffrement convenus au préalable).

Lorsque l'apprentissage automatique fédéré a été exécuté aux étapes 10, 11 et 12, le coordinateur de l'entraînement FML enregistre cette exécution du service FML dans le système DLT, via le service CES. Ces étapes sont similaires aux étapes 2, 3 et 4.

## **9.5 Exécution des tâches d'entraînement des modèles FML (calcul en continu)**

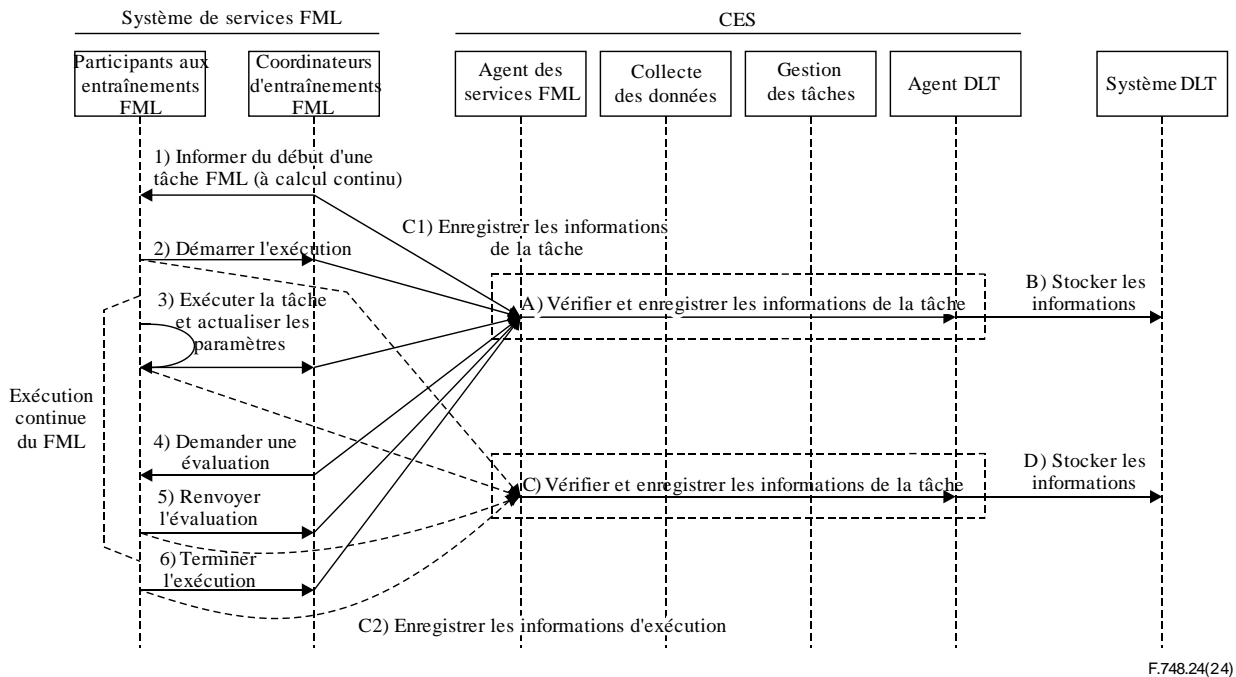
Dans le cas d'une tâche d'entraînement de modèle FML à calcul en continu, les participants à l'entraînement exécutent les calculs de manière répétée et coopèrent entre eux pendant l'exécution, en échangeant par exemple des paramètres intermédiaires ou d'autres informations. Les participants communiquent entre eux par l'intermédiaire des coordinateurs de l'entraînement FML.

Tout au long de l'exécution répétée des calculs, les coordinateurs assurent l'échange des paramètres entre participants (par exemple des résultats de calcul intermédiaires). Simultanément, pour veiller à la réussite de la tâche d'entraînement de modèle FML, les coordinateurs peuvent envoyer des notifications d'évaluation de tâche aux participants afin de surveiller l'exécution et de juger de ses effets.

L'achèvement des tâches d'entraînement d'un modèle FML faisant appel à un calcul continu peut reposer sur des conditions de fin de calcul prédéfinies, ou bien la décision de terminer les tâches peut être prise par les coordinateurs de l'entraînement FML. Dans le cas des tâches d'entraînement de modèle FML fondées sur un calcul continu, chaque participant à l'entraînement effectue les calculs de manière indépendante, sur la base de ses données et de paramètres transmis par les coordinateurs de l'entraînement, mais il ne lui est pas possible de transférer directement des données aux autres participants.

Pendant l'exécution des tâches d'entraînement de modèle FML, les coordinateurs et les participants enregistrent en continu dans le système DLT, via le service CES, les informations qui pourront être

utiles pour l'évaluation des contributions. Les procédures de stockage et les mécanismes de traitement sont similaires à ceux employés dans le cas des tâches d'entraînement de modèle FML à calcul ponctuel décrites au § 9.4. La différence entre les deux réside dans le fait que dans le cas de tâches d'entraînement à calcul continu, les coordinateurs de l'entraînement et les participants à l'entraînement doivent clairement indiquer l'identité de la tâche concernée lors de l'enregistrement des informations, afin de faciliter le calcul ultérieur des contributions. Voir la Figure 9-5.



**Figure 9-5 – Procédure de référence pour l'exécution des tâches d'entraînement des modèles FML (calculs répétés multiples)**

Les principales étapes de la procédure sont les suivantes:

Étape 1: les coordinateurs de l'entraînement FML informent les participants à l'entraînement qu'ils peuvent exécuter la tâche d'entraînement de modèle FML. Cette étape est similaire à l'étape 1 de la Figure 9-4.

Étape 2: chaque participant à l'entraînement FML vérifie la tâche et décide ou non de l'accepter; il informe en conséquence les coordinateurs de l'entraînement FML.

Étapes 3, 4 et 5: lorsqu'une tâche d'entraînement de modèle FML est acceptée par un participant à l'entraînement, elle est exécutée en continu et les valeurs actualisées des paramètres issus des processus d'exécution intermédiaires sont communiquées en continu aux coordinateurs de l'entraînement FML; dans le même temps, le participant accepte les tâches d'évaluation envoyée par les coordinateurs et y répondent.

Ces tâches d'évaluation envoyées par les coordinateurs ont pour but d'évaluer les résultats intermédiaires produits par les participants à l'entraînement FML, afin de faciliter l'exécution des calculs qui leur ont été attribués.

Étape 6: après avoir exécuté la tâche d'entraînement du modèle FML, les participants à l'entraînement informent les coordinateurs de l'entraînement de la fin de l'exécution de la tâche et leur communiquent le résultat final.

Étapes A et B: les coordinateurs de l'entraînement FML stockent les informations d'exécution de la tâche FML par l'intermédiaire du service CES. Ces étapes sont similaires aux étapes 3 et 4, et 11 et 12 de la Figure 9-4.

Étapes C et D: les participants à l'entraînement FML stockent les informations d'exécution de la tâche d'entraînement de modèle FML par l'intermédiaire du service CES. Ces étapes sont similaires aux étapes 8 et 9 de la Figure 9-4.

Dans le cas de l'exécution en continu d'une tâche d'entraînement de modèle FML, les coordinateurs de l'entraînement et les participants enregistrent en continu leur propre statut via le service CES, de façon à faciliter l'évaluation ultérieure des contributions.

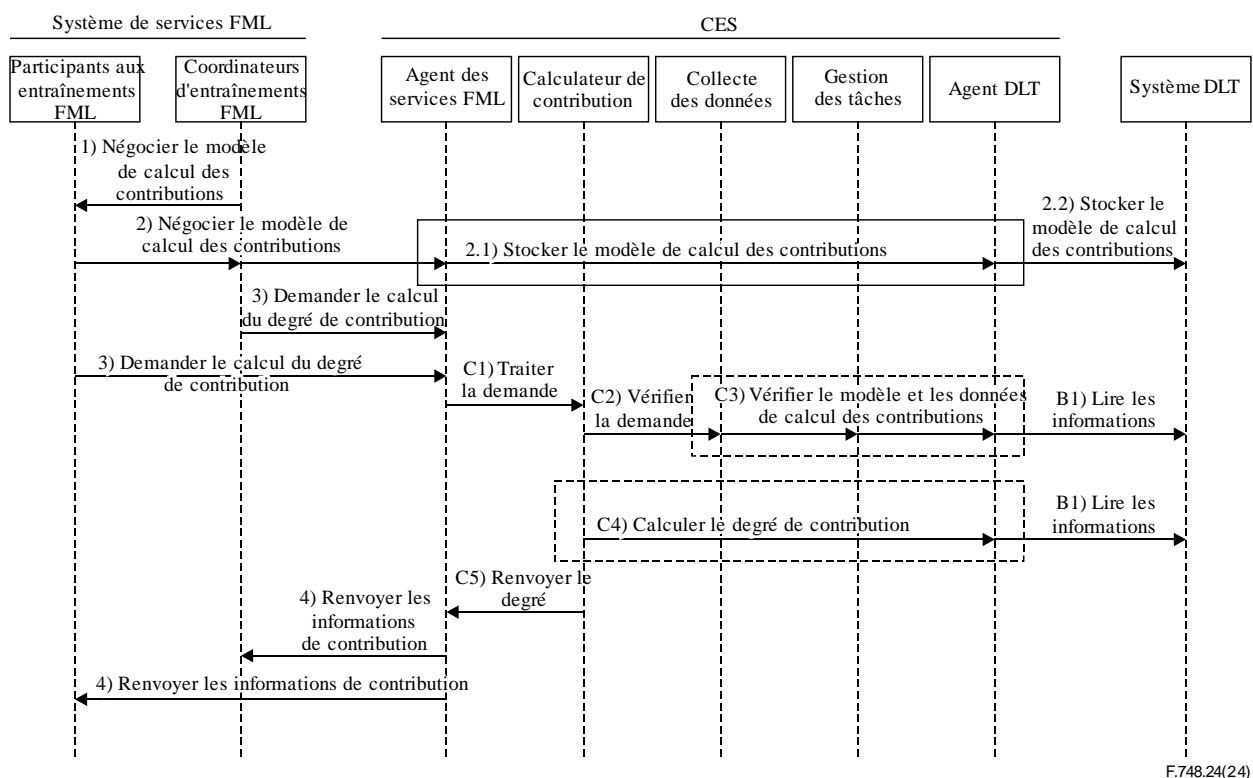
## 9.6 Évaluation des contributions aux tâches d'entraînement des modèles FML

Toutes les parties prenant part à une tâche d'entraînement de modèle FML peuvent demander et rechercher la contribution des autres parties (ou parties convenues) à ladite tâche.

Le module de calcul des contributions communique avec les parties ayant participé à la tâche d'entraînement de modèle FML afin de calculer la contribution de chacune à la tâche en question. Les modules de calcul des contributions sont généralement stockés dans programme exécutable, par exemple un contrat intelligent. Les modules de calcul des contributions peuvent être stockés dans le service CES ou le système DLT.

Le calcul s'appuie sur les données pertinentes conservées dans le système DLT, lequel assure la sécurité et la cohérence des informations stockées par les participants à la tâche d'entraînement FML, ainsi que la confidentialité des données grâce au service CES. Par ailleurs, la fiabilité des contributions aux tâches d'entraînement du modèle FML est vérifiée par la corrélation entre les valeurs calculées et les données réelles.

Les coordinateurs d'entraînements FML et les participants aux entraînements peuvent s'entendre sur un mode de calcul des contributions (étapes 1 et 2) et stocker le mode de calcul ainsi négocié dans le système DLT via le CES (étapes 2.1 et 2.2). Les parties impliquées dans le système de services FML peuvent ensuite faire appel au mode de calcul des contributions déterminé à l'avance et stocké dans le système DLT. Voir la Figure 9-6.



F.748.24(24)

**Figure 9-6 – Procédure de référence pour l'évaluation de la contribution des tâches d'entraînement des modèles FML**

Il existe différents modes de calcul des contributions, par exemple à partir du taux de contribution effective, qui prend en compte le calcul total, le calcul réel, le calcul effectif et la validité des données.

La validité des données est déterminée en comparant la corrélation entre les données calculées réelles et l'ensemble de données réelles utilisé par la tâche d'entraînement de modèle FML. Les parties peuvent se mettre d'accord sur l'ensemble de données à utiliser lors de l'exécution de la tâche d'entraînement de modèle FML, en se fondant sur le mode de jugement approprié indiqué ci-dessus.

On trouvera ci-après un exemple de calcul simple destiné à évaluer le degré de contribution:

Contribution = contribution effective/total des contributions effectives

Total des contributions effectives = somme des contributions effectives de toutes les parties concernées

Contribution effective = volume de données calculées × nombre de calculs + nombre de paramètres actualisés et acceptés

Lors du calcul des contributions, le service CES vérifie les informations d'identité des participants à la tâche d'entraînement FML et des coordinateurs de l'entraînement, les informations relatives à la tâche d'entraînement de modèle FML et les informations pertinentes dans les fichiers journaux concernés. L'ensemble de ces informations se trouve en général dans le système DLT, où elles peuvent être chiffrées au moyen de la méthode de chiffrement évoquée plus haut.

## **10 Composantes fonctionnelles générales des coordinateurs d'entraînements FML et des participants aux entraînements**

### **10.1 Coordinateurs d'entraînements FML**

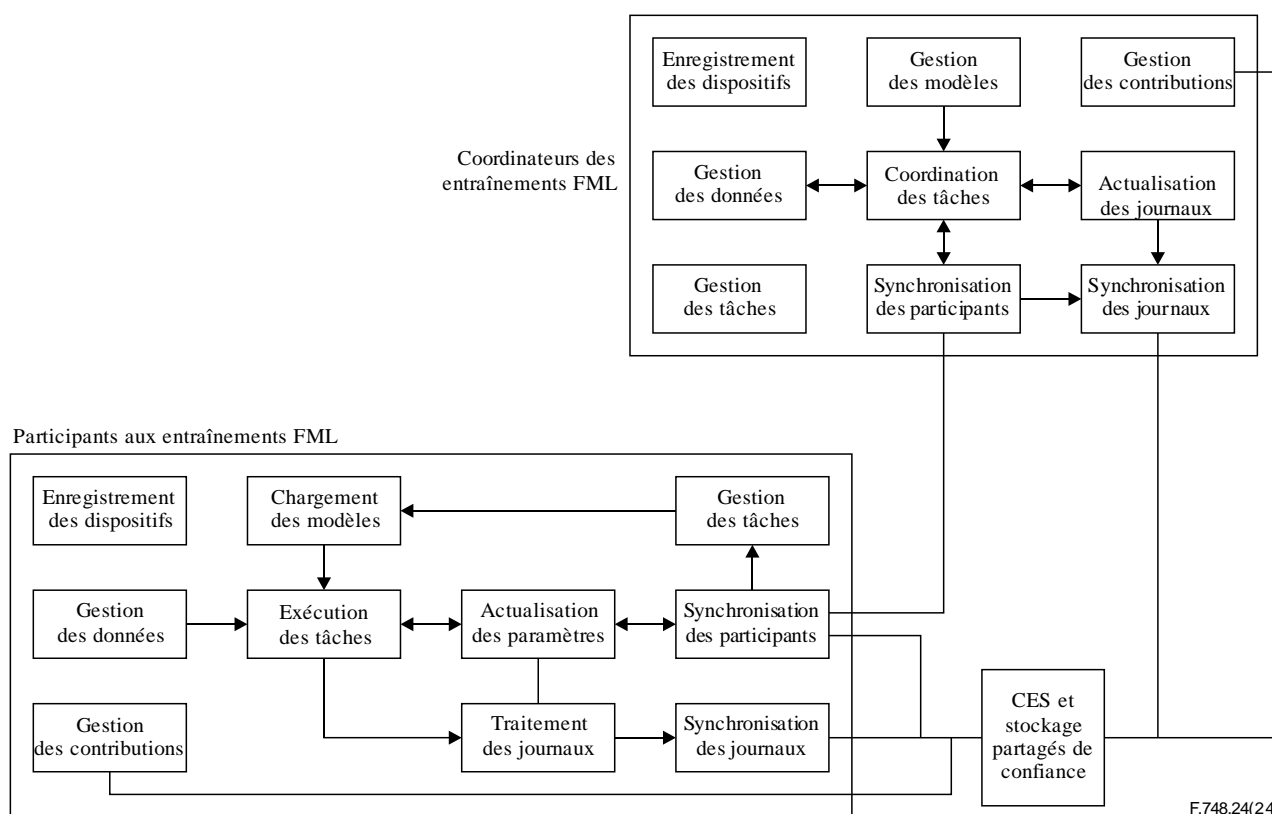
Les principales composantes fonctionnelles des coordinateurs d'entraînements FML sont les suivantes: enregistrement des dispositifs, gestion des modèles, gestion des contributions, gestion des données, coordination des tâches, actualisation des journaux, gestion des tâches, synchronisation des dispositifs des participants et synchronisation des journaux.

- La composante fonctionnelle d'enregistrement des dispositifs des coordinateurs d'entraînements FML s'occupe des opérations d'enregistrement et de la gestion des informations associées qui concernent les coordinateurs. Le dispositif collaborateur FML s'enregistre auprès du service CES par l'entremise de la composante fonctionnelle d'enregistrement; il peut rechercher et vérifier les informations d'enregistrement des participants aux entraînements.
- La composante fonctionnelle de gestion des modèles des coordinateurs d'entraînements gère les modèles concernés par les tâches d'entraînement de modèle FML.
- La composante fonctionnelle de gestion des contributions des coordinateurs d'entraînements négocie les modules de calcul des contributions pour une tâche d'entraînement de modèle FML et sollicite les calculs de contribution pour cette tâche.
- La composante fonctionnelle de gestion des données des coordinateurs d'entraînement FML gère les informations d'indexation de l'ensemble de données cible utilisé par la tâche d'entraînement de modèle FML pour effectuer les calculs. Les informations d'indexation, à l'exclusion des données d'origine, contiennent au moins l'identificateur des données, une description et une classification des informations de données, ainsi qu'un condensé des informations. Les informations d'indexation doivent être suffisantes pour permettre aux coordinateurs d'entraînements FML de mesurer la tâche d'entraînement de modèle FML et d'identifier une donnée unitaire. En outre, pendant l'exécution du service FML, le module d'exécution des tâches d'entraînement de modèle FML utilisera le même algorithme pour produire des résumés et les comparer dans le but d'établir des statistiques et de déterminer si l'ensemble de données prédéfini a été utilisé. S'agissant des tâches d'entraînement à calcul

ponctuel, il n'est pas nécessaire d'effectuer des opérations de comptage et d'évaluer l'utilisation d'un ensemble de données prédéfini pendant l'exécution de la tâche.

- La composante fonctionnelle de coordination des tâches des coordinateurs d'entraînements FML sert principalement à coopérer avec les participants à l'entraînement FML, conformément au modèle de tâche d'entraînement FML sélectionné et aux paramètres associés. S'agissant des tâches d'entraînement donnant lieu à des calculs répétés, la composante fonctionnelle de coordination des tâches fonctionne en continu et assure la transmission coordonnée des paramètres de résultats intermédiaires et des informations associées entre les participants à l'entraînement FML.
- La composante fonctionnelle d'actualisation des journaux des coordinateurs d'entraînement FML sert principalement à générer des informations de journalisation pendant l'exécution de la tâche d'entraînement du modèle FML: accès aux données, synchronisation des informations, etc., à partir de l'exécution de la composante fonctionnelle de coordination des tâches.
- La composante fonctionnelle de gestion des tâches a pour principale fonction de gérer les tâches d'entraînement des modèles FML et les informations associées.
- La composante fonctionnelle de synchronisation des journaux des coordinateurs d'entraînements FML a pour objectif principal d'actualiser le journal de traitement du service FML et de l'enregistrer sur le service CES.

Pour les coordinateurs d'entraînements FML, la synchronisation des participants consiste à gérer la coopération avec chaque participant aux entraînements, en négociant les tâches d'entraînement des modèles FML et en synchronisant les résultats d'entraînement des modèles FML ou les paramètres dans le cas de processus intermédiaires.



F.748.24(24)

**Figure 10-1 – Principales composantes fonctionnelles des coordinateurs d'entraînements FML et des participants aux entraînements**

## 10.2 Participants aux entraînements FML

Les principales composantes fonctionnelles des participants aux entraînements FML sont les suivantes: enregistrement du dispositif, chargement du modèle, gestion des tâches, gestion des données, exécution des tâches, actualisation des paramètres, synchronisation des dispositifs des participants, gestion des contributions, journalisation, synchronisation des journaux, et autres.

- La composante fonctionnelle d'enregistrement des dispositifs des participants aux entraînements FML permet à ces derniers de s'enregistrer et de rechercher les informations d'enregistrement des autres participants et des coordinateurs d'entraînements FML.
- La composante fonctionnelle de chargement des modèles permet de récupérer le modèle de calcul FML. Un modèle d'entraînement FML est un ensemble de modules exécutables, qui peuvent provenir des participants à l'entraînement eux-mêmes, des coordinateurs de l'entraînement ou d'autres sources. Les participants aux entraînements FML s'acquittent des tâches d'entraînement du modèle FML en exécutant les modules de calcul.
- La composante fonctionnelle de gestion des tâches des participants à l'entraînement FML a pour rôle de négocier et d'obtenir la tâche d'entraînement du modèle FML ainsi que le code du modèle de calcul associé.
- La composante fonctionnelle de gestion des données des participants aux entraînements fournit les données de calcul à la composante fonctionnelle d'exécution pendant l'exécution de la tâche d'entraînement. Si l'ensemble de données à utiliser pendant la tâche d'entraînement a été convenu au préalable, la composante fonctionnelle de gestion des données est chargée de vérifier les données et de les mettre à disposition.
- La composante fonctionnelle d'exécution des tâches des participants aux entraînements FML exécute les modules concernés du modèle d'entraînement FML qui ont été chargés, en utilisant pour cela l'ensemble de données fourni par la composante fonctionnelle de gestion des données. La synchronisation du résultat final (ou intermédiaire) avec les coordinateurs d'entraînements FML passe par la composante fonctionnelle d'actualisation des paramètres et la composante de synchronisation des coordinateurs. Simultanément, les journaux relatifs au processus intermédiaire et à l'utilisation des données employées dans le processus de traitement sont envoyés au service CES par le module de traitement des journaux et la composante fonctionnelle de synchronisation des journaux. La composante fonctionnelle d'exécution des tâches peut examiner l'ensemble de données calculées pour vérifier si l'ensemble de données convenu au préalable a bien été utilisé; elle génère en parallèle des journaux de résultats pertinents destinés au service CES.
- La composante fonctionnelle de gestion des contributions des participants aux entraînements FML négocie le modèle d'évaluation des contributions avec les coordinateurs d'entraînements et elle calcule, en coopération avec le service CES, les informations d'évaluation des contributions à la tâche d'entraînement en question.
- Les composantes fonctionnelles de traitement des journaux et de synchronisation des journaux des participants aux entraînements FML transmettent le contenu des journaux au service CES.

Les composantes fonctionnelles du service CES peuvent être mises en œuvre au niveau des coordinateurs de l'entraînement FML et des participants à l'entraînement, et exécuter les fonctionnalités du service CES.

## 11 Considérations relatives à la sécurité

Les tâches d'entraînement des modèles FML peuvent faire appel à des ensembles de données brutes convenus entre les parties. Il n'est pas nécessaire de partager les ensembles de données brutes; seules les informations d'indexation doivent l'être (par exemple, les identificateurs de données et le condensé). Certaines parties du modèle d'entraînement FML emploient les mêmes exécutables, de



façon à garantir la certitude du calcul. Le module d'exécution chargé d'entraîner les modèles ML de la tâche d'entraînement de modèle FML peut être exécuté dans le conteneur sécurisé des coordinateurs de l'entraînement et des participants à celui-ci. Les modules d'exécution peuvent vérifier l'ensemble de données brutes pendant l'exécution, afin de renforcer la fiabilité des calculs.

Les composantes fonctionnelles chargées de la coordination des tâches et de la gestion des contributions chez les participants aux entraînements FML, les composantes fonctionnelles chargées de l'exécution des tâches et de la gestion des contributions chez les participants aux entraînements, et les composantes fonctionnelles de collecte des données (DC-FC) et de calcul des contributions (CC-FC) peuvent toutes s'exécuter dans un environnement sécurisé. L'environnement d'exécution sécurisé peut être mis en place par un moyen logiciel (conteneur sécurisé ou machine virtuelle sécurisée, par exemple) ou matériel (par exemple une puce sécurisée).

Les informations sur les ensembles de données, la composante fonctionnelle d'exécution des tâches et les informations de journal relatives aux tâches d'entraînement du modèle FML peuvent être stockées en toute sécurité dans le système DLT, lequel peut non seulement assurer la sécurité des données et des modules, mais aussi protéger la confidentialité des données et renforcer la traçabilité et la fiabilité des calculs sécurisés multipartites.

Les participants aux entraînements FML et les coordinateurs d'entraînements peuvent provenir d'entreprises, de pays et de régions différents, et le service CES devrait fournir des mécanismes d'autorisation et d'authentification mutuelles pour garantir la sécurité des communications. Un service FML fait intervenir plusieurs parties et devrait fournir un mécanisme de sécurité visant à garantir la sécurité et la fiabilité des données utilisées pour la communication et le calcul des données.

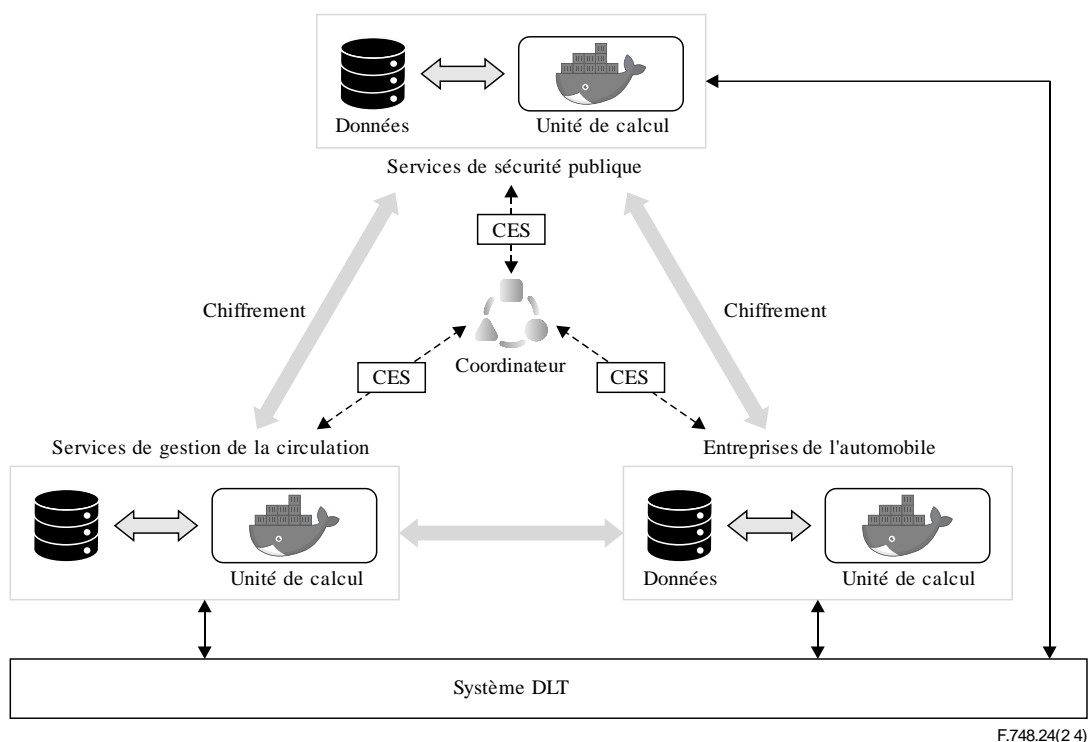
## Appendice I

### Cas d'utilisation d'un service d'évaluation des contributions destiné à des services FML

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Les travaux de transformation des villes en cités intelligentes amènent les collectivités publiques et les entreprises à manipuler différents types de données massives. Au moment de la publication, des projets de développement revêtant une grande importance sociale, comme des systèmes d'information sur les crédits ou de planification des transports, devaient être menés à bien en utilisant conjointement des données fournies par les collectivités publiques et des données privées. Compte tenu de la confidentialité des données publiques comme privées, ces projets ne pourront être menés à bien qu'en utilisant des services FML, qui permettront aux collectivités publiques et aux entreprises de contribuer ensemble à l'entraînement des modèles.

À titre d'exemple, afin de construire un système public sûr de gestion de la circulation, les services de sécurité publique, les services de gestion de la circulation et les entreprises de l'automobile doivent mettre en commun des données qui serviront à entraîner des modèles de reconnaissance d'images et de prédiction du trafic à l'aide de services FML. L'autorité réglementaire joue ici le rôle de coordinateur de l'entraînement FML, tandis que le service de sécurité publique, le service de gestion de la circulation et les constructeurs automobiles en constituent les participants qui entraîneront les modèles. Un service CES gère les tâches d'entraînement FML et assure la liaison entre les coordinateurs et les participants à l'entraînement pour l'échange des données d'entraînement. Le service CES se charge également de stocker les données échangées dans un système DLT. Le service CES assure sa propre gestion et stocke les données dans des systèmes DLT, qui garantissent la fiabilité, l'intégrité, la cohérence, la disponibilité et la non-altération des données. Ainsi, un service CES appuyé par un ou plusieurs systèmes DLT offre à chaque participant un service fiable d'évaluation de son degré de contribution. Voir la Figure I.1.



F.748.24(2/4)

**Figure I.1 – Construction d'un système sûr de circulation routière au moyen d'un service CES**

## Bibliographie

- [b-UIT-T X.1400] Recommandation UIT-T X.1400 (2020), *Termes et définitions concernant la technologie des registres distribués.*
- [b-UIT-T Y.2091] Recommandation UIT-T Y.2091 (2011), *Réseaux de prochaine génération: termes et définitions.*
- [b-UIT-T Y.3052] Recommandation UIT-T Y.3052 (2017), *Aperçu de l'instauration de la confiance dans les infrastructures et les services des technologies de l'information et de la communication.*
- [b-IEEE 3652.1] Norme IEEE 3652.1-2020, *IEEE Guide for architectural framework and application of federated machine learning (Guide pour le cadre architectural et l'application de l'apprentissage automatique fédéré).*
- [b-ISO/TR 15801] Rapport technique ISO/TR 15801:2017, *Gestion de document – Information stockée électroniquement – Recommandations pour contribuer à l'intégrité et à la fiabilité des informations stockées.*





## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
<b>Série F</b>	<b>Services de télécommunication non téléphoniques</b>
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications, y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Équipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication