CAHIER DES CHARGES

	Référence du document : **CEA/Gramat/DEA/SDMT** **Date de diffusion :** **Nombre de pages : 1/14**
Réalisation d'un module FreeCAD de type « Atelier » pour la génération de géométries et de maillages de bâtiments.	
SYM	

Ce document propriété du CEA, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

Avant toute utilisation de ce document, veuillez-vous assurer que vous disposez de la version applicable

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Gramat l BP 80 200 l 46500 Gramat
Tél : 33 – 5 65 10 54 32 l Fax : 33 – 5 65 10 54 33

Direction des Applications Militaires
Service gestion
Bureau des affaires commerciales

Etablissement public à caractère industriel et commercial l RCS Paris B 775 685 019

1. CONTEXTE

Le CEA Gramat est amené à réaliser des simulations numériques en mécanique des fluides sur des géométries de type « intérieur de bâtiments » pouvant comporter un grand nombre de pièces et d'ouvertures (portes, fenêtres, escaliers…). Afin de réaliser ces simulations, il est nécessaire d'une part de modéliser les bâtiments de manière simplifiée (*ab-initi*o ou à partir de plans) et de générer un maillage volumique de l'intérieur du bâtiment avec l'outil open source GMSH. Aujourd'hui, la création de la géométrie et du maillage est longue et fastidieuse et nécessite de maitriser plusieurs outils.

Dans ce contexte, le CEA Gramat souhaite se doter d'un outil unique permettant de simplifier la création de la géométrie 3D de l'intérieur d'un bâtiment et son maillage.

2. OBJET

Le cahier des charges concerne la réalisation d'un module FreeCAD (logiciel open source) de type « atelier »**Erreur ! Signet non défini.** permettant de dessiner un bâtiment en 3D à partir de zéro ou à partir de plans 2D, et de générer un maillage volumique non structuré de l'intérieur du bâtiment *via* l'outil de maillage open source GMSH.

3. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU BESOIN

3.1. Description générale et illustration du besoin

Le CEA Gramat souhaite, à travers un « atelier » FreeCAD développé spécialement à cette fin, être capable de générer de manière rapide la géométrie 3D et le maillage de l'intérieur d'un bâtiment. La géométrie finale souhaitée sera fortement simplifiée par rapport à celle d'un bâtiment réel. En effet seuls les murs, les plafonds, les sols, et les ouvertures (portes et fenêtres) sont considérés. Les autres éléments, tels que les faux-plafonds, les conduits d'aération ou les éléments de petite taille (poignées, rampes, etc.) ne seront pas modélisés. Les parois (murs et plafonds) seront considérées infiniment minces. Enfin, les cages d'escalier seront représentées par des pièces partagées sur plusieurs étages sans que l'escalier ne soit explicitement modélisé.

L'utilisateur de l'outil pourra partir d'une feuille blanche ou d'un ou plusieurs plans 2D, comme présenté en Figure 1, pour générer la géométrie 3D de l'intérieur du bâtiment. Pour obtenir la géométrie 3D complète du bâtiment, l'utilisateur traitera le bâtiment étage par étage. Il commencera par dessiner une esquisse 2D de chaque étage en s'aidant, s'il en dispose, d'un plan placé en fond. Une fois l'esquisse d'un étage créée, l'utilisateur devra pouvoir placer les ouvertures sur les parois et définir les états thermodynamiques dans chaque pièce. Une fois

toutes les esquisses dessinées, l'atelier devra permettre, via une unique fonction, d'extruder les esquisses 2D de façon à créer le modèle 3D de chaque étage puis d'assembler ces derniers pour constituer la géométrie 3D complète du bâtiment. Enfin, l'utilisateur devra pouvoir créer les fichiers de données d'entrée nécessaires au logiciel de maillage GMSH, puis appeler ce dernier depuis l'atelier de façon à créer le maillage. Ce maillage devra pouvoir être sauvegardé, depuis l'atelier FreeCAD. Un exemple de maillage est donné en Figure 3.

La géométrie devra donc être compatible avec le logiciel de maillage GMSH . Comme illustré en Figure 2, la création d'un maillage par le logiciel GMSH nécessite que la géométrie soit constituée d'arêtes (représentées par des lignes bleues sur la figure), de surfaces (mur, plafond, sol) délimitées par plusieurs arêtes formant une surface (représentées en ligne grises pointillées sur la figure) et de volumes (salle, couloir, etc., représentés par un point jaune sur la figure) constitués d'un ensemble fermé de surfaces.



Figure 1 : Plans des 3 étages d'un bâtiment

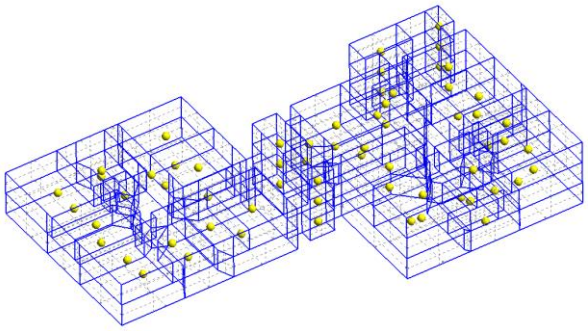


Figure 2 : Géométrie GMSH du bâtiment. Les lignes pointillées grises représentent les surfaces (murs, plafonds et sols). Les points jaunes représentent les volumes clos (un point par pièce, couloir, …).

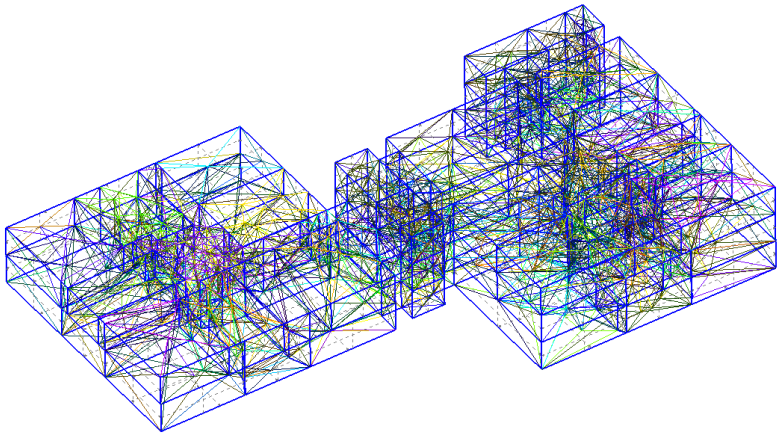


Figure 3 : Maillage final du bâtiment généré par GMSH.

3.2 Technologie souhaité pour le développement de l'outil

L'outil de conception et de maillage devra être développé sous le formalisme d'un module FreeCAD. Cette extension, une fois importée dans FreeCAD *via* l'outil dédié d'import du logiciel (addon manager [1]), permettra à l'utilisateur d'accéder à un « atelier ». Celui-ci devra mettre à disposition de l'utilisateur toutes les fonctions nécessaires à la création de la géométrie et du maillage du bâtiment qu'il souhaite modéliser. Il devra notamment permettre d'exécuter le logiciel GMSH à la façon d'une API, de façon transparente pour l'utilisateur, et sans que celui-ci n'ait, à aucun moment, à quitter l'interface de FreeCAD ou à éditer un quelconque script de lancement ou de paramétrage du logiciel GMSH.

Afin de réduire les coûts de développement, il est demandé d'utiliser au maximum les fonctions disponibles nativement dans le logiciel FreeCAD. Pour certains points ci-dessous des fonctions ont déjà été identifiées cependant la liste n'est pas exhaustive.

L'atelier doit comprendre et donner accès à toutes les fonctions nécessaires. Si certaines sont fournies par d'autres ateliers nativement présents dans le logiciel FreeCAD, leur accès doit être recopié dans l'atelier spécialement développé.

Le développement de l'atelier doit principalement être réalisé avec le langage de programmation Python. Si le langage Python ne le permet pas, le langage C++ pourra être utilisé ponctuellement.

3.3 Import d'images et mises à l'échelle

L'atelier doit permettre d'importer des images représentant les plans par étage d'un bâtiment. Les fonctionnalités suivantes doivent être disponibles :

- import d'une ou plusieurs images. Dans le cas où plusieurs images sont importées, celles-ci devront pouvoir être classées de façon à ce que leur ordre corresponde à celui des étages ;
- calibration des images de façon à pouvoir convertir des distances en pixels en distances en mètres. Cela pourra, par exemple, être réalisé en identifiant deux points sur l'image et en entrant une valeur de distance.

[1] La commande Std Gestionnaire des extensions ouvre le gestionnaire des extensions. Avec le gestionnaire des extensions, vous pouvez installer et gérer des ateliers externes, des macros et des kits de préférence fournis par la communauté FreeCAD. Par défaut, les extensions disponibles proviennent de deux dépôts, FreeCAD-addons et de la page Liste des macros. Si GitPython et git sont installés sur votre système, des macros supplémentaires seront chargées depuis FreeCAD-macros. Des dépôts personnalisés peuvent être ajoutés dans les Préférences du gestionnaire des extensions.

Dans le cas où plusieurs images sont importées, la calibration d'une image devra pouvoir être reportée sur les autres si l'utilisateur le souhaite ;

- Un point particulier du bâtiment (exemple un coin) doit pouvoir être définit comme le zéro de référence dans le logiciel FreeCAD.
- masquer/afficher les images unitairement.

Les formats d'image que l'outil devra supporter sont jpeg, tiff et png.

3.4 Esquisse des plans : outils de tracé

L'atelier doit permettre à l'utilisateur de tracer les parois de chaque étage du bâtiment au moyen d'outils de dessin. Il est souhaité que les outils de dessin soient ceux de l'atelier « Sketcher » de FreeCAD. Un exemple d'esquisse (terminologie du logiciel FreeCAD) créé *via* l'atelier « Sketcher » est présentée en Figure 4.

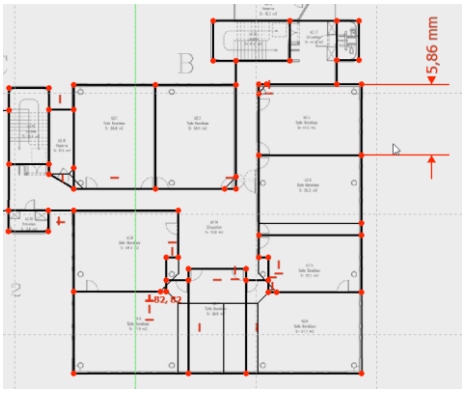


Figure 4 : Exemple de tracé réalisé sur un plan placé en fond

Les fonctionnalités suivantes doivent être disponibles :

- utiliser l'ensemble des fonctions de création d'éléments géométriques de l'atelier Sketcher (outils listés dans le menu Sketch/Géométries d'esquisse de l'atelier Sketcher),
- utiliser les fonctions de contraintes de l'atelier Sketcher (outils listés dans le menu Sketch/Contraintes d'esquisse de l'atelier Sketcher),
- réaliser une esquisse par étage,
- dupliquer les esquisses d'étage,
- masquer, afficher, renommer les esquisses. L'affichage des esquisses devra être solidaire de celui du plan éventuellement placé en fond (le passage d'un étage à l'autre dans l'outil devra s'accompagner du chargement simultané de l'esquisse et de l'éventuel plan associé).

Les fonctions avancées de l'atelier « Sketcher » non nécessaires au dessin de la géométrie, telles que la détection de contraintes redondantes, ne devront pas être accessibles à l'utilisateur (idéalement masquées).

3.5 Vérification automatique des esquisses

Un fois l'esquisse réalisée par l'utilisateur l'atelier doit disposer d'une fonction automatique permettant de vérifier certaines propriétés de l'esquisse. Cette fonction devra notamment vérifier :

- les doublons de points,
- les doublons de lignes,
- les polygones non fermés.

En cas de problème détecté, un message d'erreur devra indiquer à l'utilisateur le type d'erreur et en indiquer dans la mesure du possible la source.

3.6 Attributions des ouvertures (portes, fenêtres, escalier) et des grandeurs thermodynamiques

Une fois que l'esquisse d'un étage est dessinée, une fonctionnalité d'attribution d'ouvertures et de grandeurs thermodynamiques pour l'étage doit être disponible. L'attribution d'ouvertures se fera *via* un outil différent de celui utilisé pour l'attribution des grandeurs thermodynamiques.

L'attribution des ouvertures doit se faire à travers un outil de type fenêtre logicielle. L'activation de cet outil permettra à l'utilisateur de définir un type d'ouverture (longueur, largeur, section, hauteur par rapport au sol, etc.). Pour attribuer un type d'ouverture à chaque surface un outil devra permettra à l'utilisateur de choisir un type d'ouverture prédéfini puis de cliquer sur la géométrie pour l'attribuer à la bonne surface. Les opérations devront être réversible en cas d'erreur de l'utilisateur.

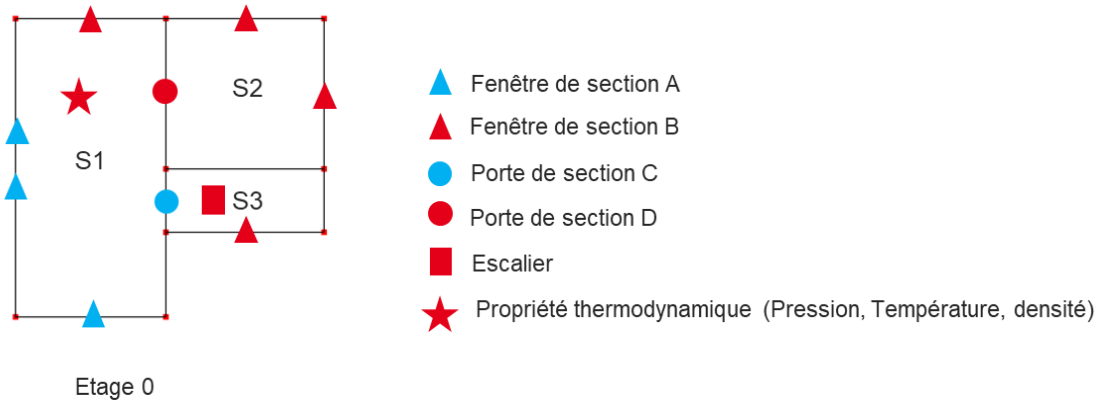


Figure 5 : Schéma illustratif d'attribution des grandeurs thermodynamique et des ouvertures pour chaque étage dessiné.

A titre d'exemple, la Figure 5 illustre l'attribution des grandeurs thermodynamiques et des ouvertures pour un étage. Sur cette figure la salle S1 possède plusieurs fenêtres de sections différentes.

Dans le cas de la définition des propriétés thermodynamique deux outils seront mis à disposition. Un outil permettant de définir les propriétés thermodynamiques dites globales (pression, température, densité) et un outil permettant de spécifier les propriétés thermodynamiques dans une ou plusieurs salles.

Pour les outils d'attributions d'ouvertures ou de grandeurs thermodynamique des verrous sur les choix utilisateurs devront être appliqués. A titre d'exemple, une ouverture de type escalier ne pourra pas être appliquée sur une ligne mais seulement sur une surface. De la même manière une fenêtre doit uniquement être appliquée sur un mur extérieur.

De plus, les surfaces des ouvertures devront être contrôlées automatiquement par l'atelier. Dans le cas où la section totale des ouvertures dépasse la surface sur laquelle elles sont appliquées un message d'erreur doit être remonté à l'utilisateur.

3.7 Duplication de tracé d'étage

Lorsqu'un étage est dupliqué par l'utilisateur, dans le cas où les ouvertures et propriétés thermodynamiques ont déjà été définies, une fenêtre logiciel interrogative doit demander à l'utilisateur s'il souhaite dupliquer ou non les ouvertures et grandeurs thermodynamiques pour le nouvel étage. Le choix de la duplication des ouvertures devra être indépendant de celui de la duplication des grandeurs thermodynamiques

3.8 Création de la géométrie interprétable par GMSH

Une fois les étages dessinés par l'utilisateur, les ouvertures et propriétés thermodynamiques attribuées, l'atelier doit être en mesure de générer un script GMSH permettant la génération d'une géométrie comme illustrée en Figure 2.

Notons que pour réaliser ce type de script il est nécessaire de définir les éléments suivants :

- Chaque lignes/courbes composées d'un ou plusieurs points ;
- Chaque surface composée de plusieurs lignes/courbes ;
- Chaque volume composé de plusieurs surfaces.

Pour chaque élément (point, ligne, surface, volume) un indice GMSH unique doit être attribué.

La syntaxe du script GMSH est disponible dans le manuel d'utilisation GMSH [2].

Les outils GMSH nécessitant la syntaxe « OpenCASCADE » ne sont pas autorisés.

Option de dessin des ouvertures :

Une option de dessin des ouvertures sera proposée à l'utilisateur au moment de la création du script GMSH. Dans le cas où l'utilisateur choisi l'option « génération explicite des ouvertures », les ouvertures seront modélisées dans la géométrie. Elles posséderont donc leurs propres points, lignes et surfaces. Dans le cas contraire, les ouvertures ne seront pas dessinées.

Il est souhaité que la géométrie finale générée par GMSH soit visualisable avant maillage dans l'atelier FreeCAD. La solution retenue est laissée libre.

Dans le cas d'erreur de la création de la géométrie, le message d'erreur GMSH doit être remonté à l'utilisateur.

3.9 Arborescence des données

Il est souhaité qu'une arborescence sous forme de dictionnaire ou tout autre objet Python permette de connaître :

- Pour chaque volume les surfaces qui le compose ;
- Pour chaque volume les propriétés thermodynamiques du volume ;

[2] http://gmsh.info/doc/texinfo/gmsh.html#Mesh-options-list

- Pour chaque surface, les lignes qui la compose et son type (surface plane, surface courbe, …) ;
- Pour chaque surface les ouvertures attribuées. Dans le cas de génération explicite des ouvertures, la surface de chaque ouverture possédera un type (escalier, portes ou fenêtre) ;
- Pour chaque ligne/courbe les points qui la compose et son type (droite, arc de cercle, …) ;
- Pour chaque point les coordonnées x, y, z du point ;
- Pour chaque point, ligne, surface, volume l'indice GMSH associé lors de la création du script.

3.10 Maillage

Une fois la géométrie générée une option de maillage doit être disponible pour l'utilisateur. Lors du lancement du maillage l'utilisateur doit pouvoir spécifier la taille cible des mailles aux nœuds.

Une fois le maillage réalisé celui-ci doit s'afficher dans FreeCAD.

L'utilisateur doit pouvoir relancer le maillage autant de fois qu'il le souhaite.

Dans le cas d'erreurs lors de la génération du maillage, le message d'erreur GMSH doit être remonté à l'utilisateur sur FreeCAD.

Une fonctionnalité doit pouvoir permettre à l'utilisateur d'ouvrir une interface graphique GMSH et de visualiser sa géométrie ainsi que son maillage en cours.

Le maillage sera exporté sous le format natif de GMSH (.msh) en sélectionnant l'option ASCII version 2.

3.11 Spécifications informatiques

L'outil proposer doit être compatible et utiliser les versions des logiciels et des systèmes d'exploitation suivantes :

- Version système DOS : Windows 10 Entreprise
- Version système UNIX : Ubuntu / Red Hat Enterprise Linux 8.4
- Version FreeCAD : La plus récente possible
- Version GMSH : Version embarquée dans FreeCAD / La plus récente possible
- Version python : Version du python embarquée dans FreeCAD

4. DOCUMENTATION ET LIVRABLES

4.1 Documents à remettre au CEA

Le Titulaire doit remettre au CEA les livrables suivants :

- Une description technique de l'outil réalisé
- Un mode d'emploi utilisateur
- Les sources du code

L'absence de documentation telle que demandée par le prescripteur entraîne la non-conformité de l'élément concerné.

4.2 Délais de remise des documents

Le Titulaire doit remettre les documents selon les échéances suivantes :

Livrables	Proposition de date limite de remise
- Description technique de l'outil - Mode d'emploi utilisateur - Les sources du code	T0 + 6 mois

4.3 Format et quantité

Pour tous les documents, le Titulaire doit effectuer la diffusion selon les modalités suivantes :

- Fichier(s) informatique(s) au format natif Office (format docx);
- Fichier(s) informatique(s) au format pdf, avec reconnaissance des caractères et page(s) de signature scannée(s) et intégrée(s) dans le fichier.

4.4 Vérification des documents

Le CEA, transmet ses analyses par voie de messagerie informatique, en leur attribuant l'une des mentions ci-dessous :

Type de VISA	Commentaires
Visa avec Observations (VAO) :	Dans ce cas le Titulaire met à jour le document en prenant en compte les remarques du CEA, et lui transmet à nouveau pour observation.
Visa sans Observation (VSO) :	Le CEA accepte le document tel quel.
Visa avec utilisation conditionnelle (VAUC) :	Le CEA accepte le document à condition que les réserves formulées avec le visa soient prises en compte par le Titulaire. Ces réserves doivent être minimales

5. CONTRÔLE RÉGLEMENTAIRE ET CONDITIONS DE RÉCEPTION

5.1 Opérations de vérification de la prestation

Le titulaire doit présenter à l'acceptation du CEA, des fournitures pour lesquelles il certifie la conformité aux clauses contractuelles. Il doit être en mesure d'apporter la preuve qu'il a effectué toutes les vérifications permettant de répondre aux exigences du CDC.

Les opérations de vérification de la prestation, précisées dans le cahier des charges, seront effectuées conformément aux dispositions du CGA cité dans la liste des documents contractuels applicables au marché et corrigées du contenu des éventuelles dérogations. Elles seront effectuées dans les délais indiqués dans le marché et s'appuieront sur :

- L'examen du dossier de présentation aux opérations de vérifications de la prestation transmis au titre de l'assurance qualité ;
- La complétude des fournitures citées dans la composition détaillée de la prestation ;
- Les résultats des vérifications de la prestation effectuée par l'autorité responsable.

5.2 Garantie

La garantie s'appliquera dans les conditions et selon les modalités prévues dans le CGA, éventuellement précisées par le marché.

6. SUIVI ET CONTRÔLE DE L'EXÉCUTION DU MARCHÉ

Le suivi technique de la prestation est assuré par le correspondant technique du CEA. Il est l'interlocuteur technique unique du Titulaire.

Réunion d'enclenchement

La réunion d'enclenchement a notamment pour but de :

- présenter les intervenants et l'organisation mise en place au niveau du CEA et du Titulaire,
- rappeler les principales exigences techniques de la fourniture,
- fournir la documentation « de base » nécessaire au démarrage du marché,
- expliciter les moyens de récupération de l'information, les formats d'échange, les modalités des réunions techniques d'avancement,
- rappeler le planning global de l'affaire.

Réunions de suivi

Pour suivre l'exécution du marché, des réunions de suivi seront organisées conformément au planning d'avancement fourni par le Titulaire et accepté par le CEA.

Elles auront pour but :

- de suivre l'avancé du marché ;
- d'échanger sur les points de blocage ;
- de valider les futures actions à mener, le cas échéant.

Toutefois, en cas de nécessité, les correspondants techniques peuvent se réunir, sans frais supplémentaire, à la demande de l'une ou l'autre des parties.

Compte rendu des réunions

Chaque réunion avec le CEA fait l'objet d'un compte-rendu rédigé par le Titulaire et soumis à l'approbation formelle du CEA, avant diffusion.

Sans remarques de la part du CEA sous 15 jours ouvrés, le compte-rendu est considéré comme accepté.

7. Propriété intellectuelle des logiciels réalisés

Le Titulaire s'engage à céder et ce, à titre exclusif au CEA, tous les droits qui lui sont dévolus, et ce tant pour les programmes sources que pour les programmes objets, à toutes fins et pour toutes utilisations directes ou indirectes.

Ces droits comprennent, dans le sens le plus large :

- les droits de reproduction, en autant d'exemplaires que le CEA l'estimera nécessaire, par tous moyens,
- sur tous supports de toute nature et sur tous sites du CEA.
- les droits de représentation, par tous procédés, y compris la télédiffusion,
- le droit de faire évoluer le post traitement et le prétraitement du logiciel par tout tiers de son choix.
- le droit d'adaptation, par perfectionnements, corrections simplifications, adjonctions, intégration à des systèmes préexistants ou à créer, transcription dans un autre langage informatique ou dans une autre langue, créations d'œuvres dérivées, tant par le CEA lui-même que par un intervenant externe,
- les droits exclusifs de publication auprès des tiers,
- le droit d'utilisation et d'exploitation sur toutes unités centrales ou locales par un nombre quelconque d'utilisateurs, sous forme de programmes sources et de programmes objets, sur tous sites du CEA, compris pour le compte de filiales ou pour la fourniture de services en temps partagé,
- les droits de commercialisation du logiciel et de ses dérivés sous une forme quelconque, à titre gratuit ou onéreux.

Chacun des droits ci-dessus consentis au CEA s'étend à toutes les adaptations du logiciel qu'il aura réalisées ou fait réaliser.

Le Titulaire s'interdit de modifier le logiciel sans l'accord du CEA, sauf pour corriger les défauts caractérisés.

Les droits sur les développements les outils réalisés sont cédés au CEA pour toutes les applications scientifiques, de recherche, techniques, industrielles et/ou de gestion dans le domaine du nucléaire, des technologies avancées, et/ou tout domaine prévu par le marché, ils sont cessibles par le CEA à tout tiers de son choix.

En tout pays, le CEA aura la faculté de procéder en son nom propre, à toutes les formalités en vue de la préservation des droits ainsi cédés.

8. Services d'assistance technique et de maintenance

8.1Maintenance logicielle corrective

Toute anomalie portant sur un nouveau composant ou un composant modifié (suite à une évolution réalisée dans le cadre du CDC) est prise en charge par le Titulaire au titre de la garantie.

En cas de dysfonctionnement des codes, le CEA notifiera au Titulaire de façon détaillée la difficulté rencontrée, avec fourniture des données associées à l'occurrence de l'anomalie. Toute anomalie ou demande, même indiquée par téléphone, devra faire l'objet d'une confirmation écrite éventuellement par courriel, appelée fiche de faits techniques. Elles classifieront les anomalies par critères d'importances (mineur, majeur ou bloquant), les délais pour traiter ces anomalies sont les suivants :

- Anomalie mineure : 8 jours
- Anomalie majeur : 20 jours
- Anomalie bloquante : 45 jours.

La correction apportée par le Titulaire sera validée par le CEA Gramat jusqu'à complète résolution de l'anomalie. Toute demande initiée pendant la période de garantie sera traitée jusqu'à son acceptation définitive par le CEA.

L'ensemble des services sera réalisé par le Titulaire, sans déplacement de son personnel, par messagerie électronique, avec formalisation systématique des requêtes via soit la messagerie électronique soit, sous réserve de sa validation par le Titulaire, par un outil de gestion de requêtes.

8.2 Modalités de réponse aux demandes CEA

Le Titulaire prendra en compte les demandes du CEA durant les jours ouvrables, du lundi au vendredi, de 9h à 12h et de 14h à 17h30. Le traitement des demandes du CEA sera effectué dans les meilleurs délais.

A l'expiration d'un délai de 12 mois à compter de la date de réception définitive du dernier produit réceptionné, le Titulaire ne sera plus tenu de rendre les services d'assistance technique et de maintenance au titre du présent marché.

9. CORRESPONDANT TECHNIQUE

L'interlocuteur technique en charge de l'affaire est Pierre GRAUMER dont les coordonnées sont les suivantes :

- Téléphone : 05 65 10 56 54
- E-mail : pierre.graumer@cea.fr