N° Réf : DG-CEAGRE-DPEI-STIC-SDIS-26-10-002387
Date : 16/10/2026

Protection des informations : *Cocher la case :*

☒ Le présent cahier des charges ne contient aucune information de niveau « Diffusion Restreinte » ou « classifiées » ou relevant de la protection du potentiel scientifique et technique de la nation, ce qui permet la mise en ligne de ce document sur la plate-forme dématérialisée du CEA,

☐ Le présent cahier des charges contient des informations Diffusion Restreinte (DR) ou relevant de la protection du potentiel scientifique et technique de la nation se fait la mise en ligne sur la plateforme dématérialisée du CEA de ce document **est possible via un conteneur chiffré ZED !**

☐ Le présent cahier des charges contient des informations classifiées, de ce fait **la mise en ligne** sur la plate-forme dématérialisée du CEA de ce document **est strictement interdite**.

Diffusion :
DG/CEAGRE/DPEI/STIC
UNITE

	Nom	**Fonction**	**Visa**
Rédacteur	E. LE GOFF	Responsable Fonctionnelle	LE GOFF, Elise Signé numériquement Le 26/10/2026
Rédacteur	L LECRAS	Chef de Projet	LECRAS Ludovic 276910 Signature numérique de LECRAS Ludovic 276910 Date : 2026.10.16 09:37:22 +02'00'
Approbateur Niveau Groupe SDIS	M. AYME	Cheffe de Groupe SDIS	AYME Matthieu P.O. GENTET Valentin GENTET, Valentin Signé numériquement Le 23/10/2026
Approbateur Niveau Service STIC	M. VIENNET	Chef de Service STIC	VIENNET, Mickaël Signé numériquement Le 26/10/2026
Approbateur RSSI unité	J. GASS	RSSI LITEN	GASS, Julien Signé numériquement Le 16/10/2026
Approbateur RSSI STIC	Y. LE BRAY	RSSI STIC	LE BRAY, Yves Signé numériquement Le 16/10/2026

Table des matières

1 Présentation du CEA 5
1.1 Le CEA 5
1.2 Le CEA/Grenoble 6
1.2.1 La Direction de centre 6
1.2.2 Les Directions opérationnelles 6
2 Objet et contexte du projet 8
2.1 Terminologie Agile 8
2.2 Terminologie CEA 9
2.3 Terminologie Projet 9
2.4 Objet 10
2.5 Contexte du projet 10
3 Exigences générales 10
3.1 Exigences architecturales 10
3.1.1 Architecture applicative cible 11
3.2 Exigences ergonomiques 11
3.3 Exigences de migration de données 12
3.4 Exigences liées à la protection des données à caractère personnel (RGPD) 12
3.4.1 Mentions légales 12
3.4.2 « Privacy by design » 12
3.4.3 Fonctionnalités RGPD 13
3.5 Exigences qualité 13
3.6 Contrat d'infogérance CEA 13
4 Exigences fonctionnelles 13
4.1 Rôles et utilisateurs de l'application 13
4.1.1 Ajouter un utilisateur 14
4.1.2 Modifier un utilisateur 14
4.1.3 Supprimer un utilisateur 14
4.2 Paramétrage global (commun à tous les procédés/simulations) et BDD 14
4.2.1 Paramétrage des données thermodynamiques 14
4.2.2 Paramétrage des données économiques générales 15
4.2.3 Paramétrage des données « ACV » 16

4.2.4 Paramétrage des profils économiques et environnementaux des entrées/sorties de systèmes énergétiques 17
4.2.5 Paramétrage des « unités externes » 17
4.3 Fonctionnalités liées aux projets 17
4.3.1 Lister les projets 17
4.3.2 Consulter le détail d'un projet 17
4.3.3 Dupliquer un projet 18
4.4.1 Créer un nouveau projet 19
4.4.1.1 Etape 1 : Sélection d'un projet existant ou Import des données PROSIM du procédé 19
4.4.1.2 Etape2 : Identification des E/S (lien avec les unités externes ou les simulations Prosim) 23
4.4.1.3 Etape 3 : Facteur de Dimensionnement et surcapacité 25
4.4.1.4 Etape 4 : Données de contexte : Economie générale et E/S du système global 26
4.4.1.5 Etape 5 : Configuration Post Traitement 28
4.4.1.6 Etape 6 : Evaluations 29
4.4.1.7 Etape 7 : Configuration des Résultats 34
4.5 Fonctionnalités avancées 35
4.5.1 Ajout nouveau composant **(/!\ code)** 35
4.5.2 Ajout unité connexe **(/!\ code) (extérieure)** 36
4.5.3 Intégration Prosim (appel depuis Prosim/ Récupération résultat/ optimisation) 37
4.5.4 Import de jeux de données depuis une BDD 37
4.5.5 Jeu de données pour usage externe 37
5 Exigences techniques 37
5.1 Authentification 38
5.2 Technologies 38
5.2.1 Technologies — Conteneurisation Kubernetes 39
5.3 Documentation des APIs 40
5.4 Qualité 40
6 Exigences de sécurité informatique 41
7 Organisation de la prestation 41
7.1 Interlocuteurs du projet 41
7.2 Déroulement de la prestation et livrables attendus 41
7.2.1 Phase n°1 : Le sprint d'initialisation 42

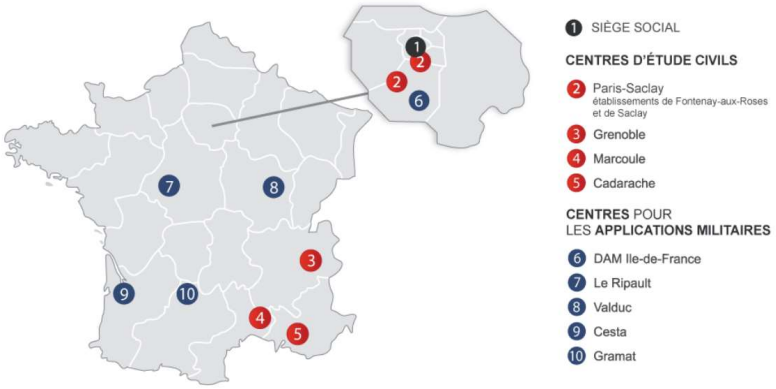
7.2.2 Phase n°2 : Le développement de l'application....42
7.2.3 Phase n°3 : La recette / VABF....45
7.2.4 Phase n°4 : Le VSR....46
7.2.5 Phase n°5 : La phase de garantie....47
7.2.6 Planning....48
7.3 Instances de suivi....48
7.3.1 Réunion de démarrage....48
7.3.2 Réunion de suivi....48
7.3.3 Comité de pilotage....48
7.4 Lieu de la prestation....49
8 Prestations optionnelles....49
8.1 Option 1 : Phase de réversibilité au prestataire de TMMA....49
8.2 Option 2 : L'extension de garantie....49
9 Annexes....50
9.1 PSSI....50

1 Présentation du CEA

1.1 Le CEA

Le CEA, **Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives** est un établissement public à caractère industriel et commercial. Il répond aux commandes de l'Etat ainsi qu'aux besoins de la société et de l'industrie et s'engage au quotidien pour relever les défis liés à la transition énergétique, aux innovations numériques, au besoin de souveraineté, ou encore aux maladies émergentes.
Il est un organisme de référence et mène des travaux de recherche dans des disciplines scientifiques variées en s'appuyant sur des plates-formes technologiques regroupant des équipements de pointe.
À travers ses recherches qui adressent les grands enjeux sociétaux et les technologies qu'il développe, le CEA est un acteur majeur de la recherche et de l'innovation et contribue ainsi à la transformation de la société.

Pour mener à bien ses missions, le CEA s'appuie sur quatre directions dites opérationnelles, dont les activités sont implantées sur 10 centres en France, sous la responsabilité d'un directeur de centre. Des directions fonctionnelles implantées au siège du CEA sur le centre de Paris-Saclay, accompagnent également les activités dans les centres. Le CEA mène aussi des activités sur 7 plateformes régionales de transfert technologique (PRTT) qui sont rattachées administrativement au CEA Grenoble.



Son organisation repose sur :

- <u>4 directions opérationnelles :</u>
  - La Direction des Applications Militaires (DAM),
  - La Direction des Energies (DES),
  - La Direction de la Recherche Technologique (DRT),
  - La Direction de la Recherche Fondamentale (DRF)

  Ces directions sont structurées en instituts ou directions de centre, en départements et services.

- Les directions fonctionnelles :
  - La Direction financière et des programmes (DFP)
  - La Direction des achats et des partenaires stratégiques (DAPS)
  - La Direction de la Sécurité et de la Sureté Nucléaire (DSSN)
  - La Direction Juridique et du Contentieux (DJC)
  - La Direction des Systèmes d'Information (DSI)
  - La Direction de la Communication (DCom)
  - La Direction des Ressources Humaines et des Relations Sociales (DRHRS)
  - La Direction des Relations Internationales (DRI)
  - La Direction de l'Audit, des Risques et du Contrôle Interne (DARCI)

Pour de plus amples informations sur le CEA, visitez le site http://www.cea.fr/

1.2 Le CEA/Grenoble

Installé au cœur d'un environnement urbain et scientifique, industriel et universitaire très riche, le centre CEA de Grenoble destiné à la recherche nucléaire dès 1956 consacre désormais l'essentiel de ses recherches au développement de solutions innovantes, dans les domaines de l'énergie, de la santé, de l'information et de la communication.

Le centre CEA de Grenoble réunissant plus de 4 500 collaborateurs (salariés CEA) sur près de 67 hectares, accueille les activités de trois des directions opérationnelles : la DRT, la DES et la DRF.

1.2.1 La Direction de centre

Le Centre du CEA Grenoble est placé sous la responsabilité de son Directeur, qui est le représentant légal de l'employeur et assume le rôle de chef d'établissement au sens du Code du travail. Les unités de la Direction de centre ont 2 missions principales ; d'une part, le soutien-support aux programmes de recherche menés par les unités hébergées, et d'autres part les misions « régaliennes » ou « employeur », en particulier le fait de faire respecter les règles en vigueur (santé, sécurité, gestion, finances, achats, ventes, juridique, RH, …) et de veiller à l'entretien et à l'évolution du patrimoine immobilier ainsi qu'à la bonne gestion des infrastructures et services communs (restauration, nettoyage, logistique, …).

1.2.2 Les Directions opérationnelles

Les directions opérationnelles sont en charge de réaliser les programmes de recherche dans leurs différents domaines d'expertise, pour répondre aux missions qui lui ont été fixées par l'Etat dans les 4 grands domaines des énergies, de la défense, des technologies pour le numérique et pour la santé, au service de la compétitivité industrielle du pays et en lien étroit avec les évolutions sociétales et les applications

A Grenoble, 3 directions opérationnelles sont présentes :

1/ La Direction de la recherche technologique (DRT) du CEA aborde les grands enjeux sociétaux et industriels du XXIe siècle en développant et en diffusant des technologies, pour

tous les secteurs industriels et tous les types d'entreprises, qui contribuent à l'accompagnement de la transition numérique dans la société, à l'amélioration de la santé publique et au respect de la planète.

A Grenoble, la DRT se compose ainsi :

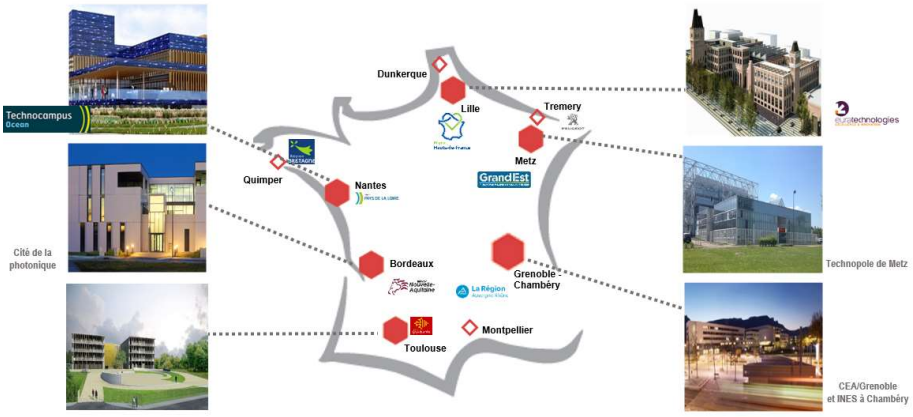
- Le CEA-Leti, en savoir plus : https://www.leti-cea.fr
- Le CEA-List, en savoir plus : https://list.cea.fr/
- Les plates-formes régionales de transfert technologique (**PRTT**), au nombre de 7.

Les plates-formes régionales de transfert de technologie, sont un maillon essentiel de proximité, en local, au service de la compétitivité industrielle française. Elles dépendent du centre CEA de Grenoble.

Ces PRTT s'appuient sur les résultats de la recherche fondamentale, et ont pour mission de diffuser des technologies clés génériques dans de multiples champs industriels et de **développer localement des activités de recherche spécifiques aux tissus industriels régionaux**.

Elles sont au nombre de 7 dont 6 qui dépendent du centre du CEA Grenoble : Hauts-de-France (Lille), Grand Est (Metz), Occitanie Pyrénées-Méditerranée (Toulouse et Montpellier), Nouvelle-Aquitaine (Bordeaux) et Pays de la Loire (Nantes), et une antenne en Bretagne (Quimper).

Pour plus d'informations, consultez le site : https://www.cea.fr/cea-tech



2/ La Direction des énergies (DES) du CEA apporte aux pouvoirs publics et aux industriels les éléments d'expertise et d'innovation pour la mise en œuvre d'un système énergétique bas carbone. Avec une approche intégrée du système énergétique, la DES s'intéresse à tous les modes de production d'énergie bas carbone (énergie nucléaire, nouvelles technologies de l'énergie), à leurs interactions au sein du réseau (stockage, pilotage, conversion), et à la problématique des ressources dans une logique d'économie circulaire des matières.

La DES se compose d'un institut à Grenoble :

- Le **CEA-Liten** - en savoir plus : www-liten.cea.fr

L'Institut Nationale de l'Energie Solaire (Ines), situé au Bourget-du-Lac, près de Chambéry (Savoie) est un centre dédié à la

recherche, à l'innovation ainsi qu'à la formation sur l'énergie solaire. Il dépend du centre CEA de Grenoble et représente aujourd'hui plus de 400 personnes.
L'activité de recherche animée par le centre CEA de Grenoble réunit aussi des laboratoires de l'Université de Savoie et travaille en lien étroit avec les industriels sur ses domaines d'activités : les technologies solaires photovoltaïques, thermiques, solaire à concentration, le stockage de l'électricité, la mobilité solaire et les bâtiments à haute efficacité énergétique.
Pour plus d'informations, consultez le site : https://www.ines-solaire.org/

3/ La Direction de la recherche fondamentale (DRF) du CEA exerce ses activités dans les domaines des biotechnologies et de la santé, des sciences de la matière et de l'Univers, de la physique, du climat et des nanosciences. Elle place au cœur de ses objectifs la production et la publication de connaissances et de savoir-faire au meilleur niveau mondial.
La DRF comprend un institut à Grenoble :

- Le **CEA-Irig** - en savoir plus : http://www.irig.cea.fr/

2 Objet et contexte du projet

2.1 Terminologie Agile

BDD : Behavior Driven Development
Critère d'acceptance : Critères permettant de valider la story agile
Démo : Démonstration à chaque fin de sprint des stories (fonctionnalités) réalisées pendant le sprint
DOD : Definition Of Done : l'équipe Agile définit de manière collégiale les critères permettant de dire qu'une story est finie.
EPIC : Macro fonctionnalité, ensemble de stories agiles
MVP : Produit Minimum Viable
Poker planning : Réunion facultative qui permet, en amont du sprint planning, de définir la conception technique de la story (fonctionnalité) et d'en connaître une estimation à haut niveau. Ce qui permet ensuite au Product Owner de réordonner son backlog en fonction du retour sur investissement de chaque story.
Product backlog : Ensemble de fonctionnalités ou EPIC/stories agiles listées
Product Owner : Il est le représentant du client et des utilisateurs. « Propriétaire » du product backlog, il écrit les EPICs, stories et définit les critères d'acceptance. Il maintient le backlog (ajoute des stories, revoit les priorités).
Rétro : Rétrospective qui permet à l'équipe Scrum de dire ce qui a bien fonctionné pendant le sprint, ce qui est améliorable et de définir les actions relatives. Actions qui seront suivies par le Scrum master.
Scrum master : « Servant leader » de l'équipe Scrum. Il est avec le Product Owner le garant du backlog en ce sens qu'il s'assure que l'équipe en a compris le contenu. Il facilite la vie de l'équipe à tout point de vue, anime les cérémoniaux, et fait en sorte que l'équipe soit la plus efficace possible.
Sprint : Durée pendant laquelle des stories du backlog vont être implémentées

Sprint backlog : Le découpage en tâche des fonctionnalités (ou stories) qui vont être dépilées pendant le sprint
Sprint planning : Réunion qui permet de définir les tâches à réaliser pendant le sprint
Stand up : Réunion d'un quart d'heure quotidienne et « debout » permettant à chaque membre de l'équipe de dire « ce sur quoi il a travaillé », « ce sur quoi il va travailler », discuter avec le reste de l'équipe en cas de blocage sur un sujet
Story : Fonctionnalité du backlog à implémenter
TDD : Test Driven Development
UI : User Interface. Le design UI consiste à créer l'interface conçue par le designer UX.
UX : User Experience. Le design UX consiste à concevoir une application afin que l'expérience utilisateur soit la meilleure possible.

2.2 Terminologie CEA

CEA : Commissariat à l'**É**nergie **A**tomique et aux **É**nergies **A**lternatives
STIC : **S**ervice des Technologies de l'Information et de la Communication, organisé en 4 groupes chargés de l'informatique du CEA Grenoble :

- **CICC** : Groupe Contrats, Interaction Clients et Cybersécurité
- **IE2I** : Groupe Informatique d'Entreprise et Ingénierie de l'Information
- **IRTS** : Groupe Infrastructure, Réseaux, Télécoms, Systèmes
- **SDIS** : Groupe Systèmes et Données Industrielles et Scientifiques

SMA : Service des **M**archés et **A**chats
TMMA : **T**ierce **M**aintenance **M**ulti-**A**pplicative
VABF : **V**érification d'**A**ptitude au **B**on **F**onctionnement : elle correspond à la recette CEA de l'application (avec ou sans réserve)
VSR : Vérification de **S**ervice **R**égulier : elle conduit au démarrage de la période de garantie
MET : Mise **E**n **T**est (Qualification)
MEP : Mise **E**n **P**roduction
ADR : **A**ccord pour le transport des marchandises **D**angereuses par la **R**oute
BDU : **B**iens à **D**ouble **U**sage
BTR : **B**ureau des **T**ransports **R**églementés
DPEI : Département **P**rojets, **E**xploitation et **I**ngénierie
DSI : Direction des **S**ystèmes d'**I**nformation
IHM : Interface Homme Machine
PSSI : Politique Sécurité du Système d'Information du CEA

2.3 Terminologie Projet

ACV or LCA: Analyse cycle de vie
BRIGHTWAY : logiciel d'ACV utilisé au CEA
EcoInvent : base de données ACV à laquel se connecte automatiquement BRIGHTWAY
ProSimPlus : outil d'ingénierie de procédés
SMR : Small Modular Reactor
VBA : Visual Basic for Application, langage utilisé dans excel et dans certains scripts dans **ProSimPlus**

2.4 Objet

Le présent cahier des charges (CDC), a pour objet de détailler les besoins et exigences pour le développement spécifique d'un applicatif d'évaluation technico-économique et environnemental en remplacement d'un outil existant réalisé sous Excel/VBA.
Cet applicatif est utilisé en 1er lieu pour exploiter les résultats techniques de simulation procédés de système énergétique effectuées sous Prosim+. Les données sont post-traitées et enrichies pour effectuer :

- Le design des équipements nécessaires aux calculs économiques (tel les investissements) et d'ACV ;
- Le calcul de KPI techniques divers.

Les résultats issus du post-traitement permettent ainsi de :

- Evaluer la performance d'un système donné ;
- Identifier les paramètres dont dépendent la performance ;
- Comparer des configurations différentes du même système ou de systèmes différents devant rendre le même service.

Ce cahier des charges précise les prestations attendues afin de mettre en production cette nouvelle application.

2.5 Contexte du projet

L'outil actuel est fonctionnel et continu d'évoluer. Néanmoins il est de plus en plus évident que sa complexité croissante rend l'utilisation d'Excel de moins en moins adaptée, justifiant sa refonte :

- Présence de bugs (problèmes de calculs qui ne s'exécutent pas)
- Difficultés pour faire évoluer les versions. Plusieurs utilisateurs utilisent le fichier, mais les corrections réalisées sur une version ne peuvent être appliquées sur les autres
- Le nombre d'onglets devient trop important, et beaucoup de données par onglet
- Temps de calculs qui s'allongent rapidement lorsque l'on souhaite réaliser des études de sensibilités
- Limites d'Excel en termes de présentation des résultats (oblige parfois à passer vers python pour réaliser certains graphiques
- Couplage de l'outil parait très difficile à exploiter dans l'autre sens pour permettre des optimisations.

3 Exigences générales

3.1 Exigences architecturales

L'architecture de l'application devra être une architecture Back-end/Front-end.
Les API développées devront pouvoir être réutilisées par d'autres applications souhaitant accéder aux données de la base de données.

Une couche d'authentification basée sur OpenID Connect (OIDC) devra être prévue pour sécuriser l'application.

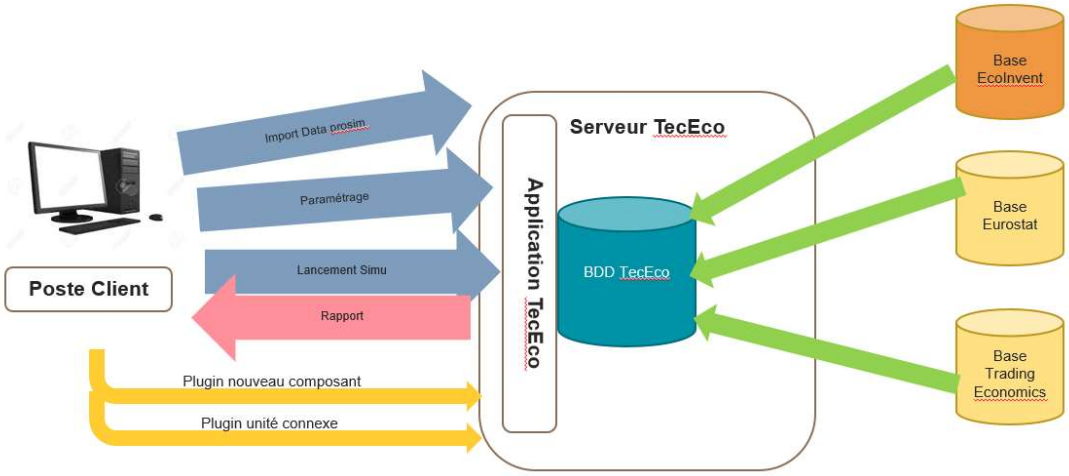
Le titulaire du contrat devra fournir deux types d'architecture : **une architecture logicielle** (ou architecture logique) et **une architecture technique**.

Une architecture technique est créée en mappant les blocs fonctionnels logiques d'une application (l'architecture logique) sur un environnement informatique physique de sorte que les exigences de qualité de service spécifiées dans le scénario de déploiement soient respectées.
Chacune devra prendre en compte les demandes, contraintes suivantes :

- L'architecture devra être orientée service (Web Services ou Micro Services),
- Architecture Back-end/Front-end,
- Prise en compte des dépendances à des applications et/ou données tierces,
- Le temps de réponse de l'affichage des pages les plus complexes de l'application devra être inférieure à 2 secondes.

Les propositions feront l'objet de présentation en présence de l'architecte technique et des responsables exploitation du STIC et seront soumises à validation.

3.1.1 Architecture applicative cible



3.2 Exigences ergonomiques

Le titulaire du contrat devra fournir une ou plusieurs propositions de design pour cette application (Design UX/UI) afin de permettre aux utilisateurs d'avoir une expérience utilisateur optimum. Cette étude pourra être réduite à l'écran principal de l'application.

L'application devra être simple d'utilisation, fluide et responsive.
Tous les champs obligatoires devront avoir un astérisque (*).
Les champs renseignés automatiquement devront avoir une présentation spécifique.

Dans la mesure du possible, les boutons seront des images et non du texte, surtout dans les listes d'affichage.

Cette prestation comprendra des ateliers avec le chef de projet et des représentants des futurs utilisateurs du CEA afin de bien comprendre le besoin utilisateur. Le design qui en résultera sera soumis à validation du STIC et des représentants suscités. L'outil à utiliser sera Figma. Des exemples ou composants Figma pourront être fournis au démarrage du design sur demande.
Une charte graphique du CEA est disponible à la demande.

3.3 Exigences de migration de données

Aucune migration de données n'est prévue initialement dans cette prestation.

3.4 Exigences liées à la protection des données à caractère personnel (RGPD)

Dès lors que la prestation permet le traitement de données personnelles, le Titulaire déclare parfaitement connaitre les obligations fixées par les lois et règlements applicables en matière de protection des données personnelles, notamment le règlement européen 2016/679 du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (RGPD).

La solution proposée devra respecter les principes de proportionnalité, de minimalisation et de limitation des données personnelles, assurant que seules les données pertinentes, telles que définies par le CEA, sont traitées au sein de la solution pour les seules finalités convenues et sous le contrôle des seules personnes ayant à en connaître.

Elle devra intégrer les mesures techniques et organisationnelles appropriées afin de protéger les données personnelles traitées contre la destruction accidentelle ou illégale, la perte accidentelle, l'altération, la diffusion ou l'accès non autorisé.

3.4.1 Mentions légales

L'application PROSECO a besoin de données personnelles ci-dessous pour gérer les rôles :

- Matricule, Nom Prénom de l'utilisateur,

Cette information sera affichée dans un menu de l'application nommé « Données personnelles »

3.4.2 « Privacy by design »

L'application doit être pensée de façon à ce que les données soient protégées.
L'application doit être codée de façon à pouvoir savoir quelles sont les données pour une personne en particulier.

3.4.3 Fonctionnalités RGPD

Il doit être possible d'anonymiser ou de supprimer facilement les données pour une personne donnée.

3.5 Exigences qualité

Le titulaire devra assurer la qualité de la prestation demandée et la traçabilité associée à un niveau équivalent à la norme ISO 9001. Dans le cas où l'entreprise serait certifiée ISO 9001, une copie du certificat sera transmise.

3.6 Contrat d'infogérance CEA

L'application fournie par le titulaire du contrat, sera infogérée par le prestataire en vigueur du contrat d'infogérance. Cela entraine le respect de contraintes CEA liées à l'utilisation de ce contrat.

Trois types de plateformes sont généralement installées pour héberger les solutions logicielles sur le centre de Grenoble :

- Plateforme de DEV : Utilisée pour réaliser tout ou partie des développements sur le site du CEA. Cette plateforme dispose de comptes spécifiques permettant aux prestataires autorisés d'installer et tester les développements en cours.
- Plateforme de QUALIF : Sous la responsabilité de l'infogérance, pas d'accès direct ni pour le prestataire ni pour le STIC. Il faut passer par des « demandes de changement » pour travailler en présence de l'infogérance (prévoir à l'avance les demandes et les avis de rendez-vous). L'installation d'une nouvelle solution est réalisée par le prestataire sous le contrôle de l'infogérance en suivant la documentation d'installation qu'il a réalisée (avec d'éventuelles modifications à inclure à l'issue de l'installation). Une fois la phase de recette sur la QUALIF réalisée et en fonction de la planification du client final, la solution peut alors être installée sur la plateforme de PROD.
- Plateforme de PROD : Sous la responsabilité de l'infogérance, pas d'accès direct ni pour le prestataire ni pour le STIC. C'est l'infogérance seul qui réalise les installations conformément à ce qui a été validé en QUALIF et en suivant la documentation fournie. Il faut passer par des « demandes de changement » (prévoir à l'avance les demandes et les avis de rendez-vous). Le titulaire du contrat doit également fournir la documentation d'exploitation de la solution (gestion des sauvegardes, fichiers de logs à surveiller, performances…).

Tout ceci impose que les documentations d'installation et d'exploitation soient précises et détaillées afin que toute ressource de l'infogérance qui ne connaît pas le contexte métier soit en mesure de réaliser la procédure demandée (installation de l'application, passage d'un correctif, tâche planifiée, action sur la base de données…).

4 Exigences fonctionnelles

4.1 Rôles et utilisateurs de l'application

Les utilisateurs accédant à l'application auront un rôle et pourront accéder à certaines fonctionnalités en fonction de leur rôle.

Les rôles identifiés sont les suivants :

- **Administrateur :** cet utilisateur a tous les droits sur l'application et est créé lors du déploiement de celle-ci.
- **Utilisateur simple :** cet utilisateur pourra lancer des évaluations et accéder aux résultats
- **Utilisateur avancé :** cet utilisateur pourra ajouter de nouveaux plugins ou les modifier

4.1.1 Ajouter un utilisateur

L'administrateur de l'application peut ajouter des utilisateurs et leur assigner un rôle.

Pour ajouter un utilisateur, il ajoute le matricule de l'utilisateur à ajouter, à partir de l'API personnel, les informations suivantes remontent :

- Nom
- Prénom
- Email

4.1.2 Modifier un utilisateur

L'administrateur de l'application peut modifier le rôle d'un utilisateur

4.1.3 Supprimer un utilisateur

Uniquement l'administrateur de l'application peut supprimer un utilisateur.

4.2 Paramétrage global (commun à tous les procédés/simulations) et BDD

L'application a besoin de données de référentiel communes à tous les projets et utilisateurs. Ces données sont décrites dans ce chapitre.

4.2.1 Paramétrage des données thermodynamiques

Les données thermodynamiques sont nécessaires aux calculs.

Ces données varient peu mais un utilisateur avancé doit pouvoir les modifier si besoin (par exemple d'ajouter de nouveaux composés chimiques).

Cette fonctionnalité correspond à l'onglet DataThermo de l'outil Excel actuel ainsi qu'au module VBA M04_CalculThermo.

	Ordre ProSim	CASRegistryNumber	Name	Formula	VBA Number	Molar Weight (g/mol)	LHV (MWh/t)	HHV (MWh/t)	HHV (J/mol)	LHV (J/mol)	Family	Teb(K)
HYDROGEN	1	1333-74-0	HYDROGEN	H2	1	2,02	33,32	39,38	285800	241800	gas	20,39
WATER	2	7732-18-5	WATER	H2O	4	18,02	0,00	0,00	0	0	gas	373,15
CARBON MONOXIDE	3	630-08-0	CARBON MONOXIDE	CO	14	28,01	2,81	2,81	283000	283000	gas	81,7
CARBON DIOXIDE	4	124-38-9	CARBON DIOXIDE	CO2	6	44,01	0,00	0,00	0	0	gas	0
METHANE	5	74-82-8	METHANE	CH4	2	16,04	13,89	15,42	890300	802300	Alkane	111,66
METHANOL	6	67-56-1	METHANOL	CH3OH	16	32,04	5,53	6,29	726000	638000	other	337,85

Figure 1 : Exemple de l'onglet « Data Thermo »

NB : Afin de ne pas stocker toutes les caractéristiques des espèces génériques aux différentes température ou pression, il devra être possible de les calculer en utilisant la librairie Coolprop (https://coolprop.org/)

4.2.2 Paramétrage des données économiques générales

Par défaut, pour mettre à jour des offres de prix d'équipements obtenues à une date donnée, on utilise des indices 'cost index' reflétant l'inflation. L'un des indices le plus complet est le CEPCI publié dans le Chemical Engineering review qui est utilisé par défaut.

La parité euro/dollar est également une donnée nécessaire aux calculs.

Ces données varient peu mais un utilisateur avancé doit pouvoir les modifier (notamment en mettant à jour les données les plus récentes) si besoin. Il aura également la possibilité d'ajouter d'autres indices.

Cette fonctionnalité correspond à l'onglet CEPCI de l'outil Excel actuel.

1	2	3	4	5
année	Historic CEPCI	CEPCI extrapolation	CEPCI	Parity $/€
1985	325,3		325	
1986	318,4		318	
1987	323,8		324	
1988	342,5		343	
1989	355,4		355	
1990	357,6		358	
1991	361		361	
1992	358		358	
1993	359		359	1,2
1994	368		368	1,2
1995	381		381	1,3
1996	382		382	1,3
1997	387		387	1,1
1998	390		390	1,1
1999	391		391	1,1
2000	394		394	0,9
2001	394		394	0,9
2002	396		396	0,9
2003	402		402	1,1
2004	444		444	1,2
2005	468		468	1,2
2006	500		500	1,3

Figure 2 : Exemple de l'onglet « CEPCI »

A noter que les évaluations sont souvent de type prospectif et qu'on peut également utiliser une « prévision d'inflation pour les années futures).

Lorsqu'un utilisateur créera un nouveau projet, par défaut c'est l'indice CEPCI qui s'appliquera. Néanmoins l'utilisateur aura la possibilité de sélectionner l'indice souhaité pour chaque module.

4.2.3 Paramétrage des données « ACV »

Les calculs concernant l'impact environnemental d'un procédé se base sur les données EcoInvent (Collectés via Brightway qui se connecte à EcoInvent).
Il s'agit d'accéder à des valeurs unitaires d'impacts à associer à des paramètres recalculés pour chaque module.
Une ligne de la base « ACV » représente le nom d'identification complet (adresse) qui a permis de récupérer la donnée calculée dans Brightway/EcoInvent et utilisable dans le post-traitement proseco.

Attention aux unités. Les données de la base EcoInvent ne sont pas forcément dans les mêmes unités que les flux du projet, il peut donc y avoir des conversions à faire.

	Index - activity	Amount	Unit	Reference product	Name	Location	Database	AP
	0							AP
	1	2		3	4	5	6	7 8
market for 1-butanolGLO	1-butanol | market for 1-butanol | GLO | kilogram | cutoff391	1	kilogram	1-butanol	market for 1-butanol	GLO	cutoff391	1,91E-02
market for acetic anhydrideGLO	acetic anhydride | market for acetic anhydride | GLO | kilogran	1	kilogram	acetic anhydride	market for acetic anhydride	GLO	cutoff391	1,84E-02
market for acrylonitrile-butadiene-styrene copolym	acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer | market for acrylo	1	kilogram	acrylonitrile-butadiene-s	market for acrylonitrile-butadiene-	GLO	cutoff391	1,60E-02
market for activated carbon, granularGLO	activated carbon, granular | market for activated carbon, granu	1	kilogram	activated carbon, granula	market for activated carbon, granul	GLO	cutoff391	2,31E-02
market for aluminium alloy, AlLiGLO	aluminium alloy, AlLi | market for aluminium alloy, AlLi | GLO	1	kilogram	aluminium alloy, AlLi	market for aluminium alloy, AlLi	GLO	cutoff391	1,15E-01
market for aluminium, cast alloyGLO	aluminium, cast alloy | market for aluminium, cast alloy | GLO	1	kilogram	aluminium, cast alloy	market for aluminium, cast alloy	GLO	cutoff391	3,72E-02
market for aluminium, primary, cast alloy slab from	aluminium, primary, cast alloy slab from continuous casting | n	1	kilogram	aluminium, primary, cast	market for aluminium, primary, cas	GLO	cutoff391	1,95E-01
market for ammonia, anhydrous, liquidRoW	ammonia, anhydrous, liquid | market for ammonia, anhydrous	1	kilogram	ammonia, anhydrous, liq	market for ammonia, anhydrous, lic	RoW	cutoff391	8,78E-03
market for anilineRER	aniline | market for aniline | RER | kilogram | cutoff391	1	kilogram	aniline	market for aniline	RER	cutoff391	3,26E-02
market for carbon monoxideRER	carbon monoxide | market for carbon monoxide | RER | kilogra	1	kilogram	carbon monoxide	market for carbon monoxide	RER	cutoff391	9,33E-03
market for carboxymethyl cellulose, powderGLO	carboxymethyl cellulose, powder | market for carboxymethyl	1	kilogram	carboxymethyl cellulose,	market for carboxymethyl cellulose	GLO	cutoff391	2,17E-02
cast iron productionRER	cast iron | cast iron production | RER | kilogram | cutoff391	1	kilogram	cast iron	cast iron production	RER	cutoff391	6,14E-03
market for ceramic tileGLO	ceramic tile | market for ceramic tile | GLO | kilogram | cutoff3	1	kilogram	ceramic tile	market for ceramic tile	GLO	cutoff391	4,43E-03
market for cerium oxideGLO	cerium oxide | market for cerium oxide | GLO | kilogram | cutc	1	kilogram	cerium oxide	market for cerium oxide	GLO	cutoff391	1,09E-01
market for chemical, organicGLO	chemical, organic | market for chemical, organic | GLO | kilogra	1	kilogram	chemical, organic	market for chemical, organic	GLO	cutoff391	8,75E-03
potassium hydroxide productionRER	chlorine, gaseous | potassium hydroxide production | RER | kil	1	kilogram	chlorine, gaseous	potassium hydroxide production	RER	cutoff391	1,18E-03
market for chloroacetyl chlorideGLO	chloroacetyl chloride | market for chloroacetyl chloride | GLO	1	kilogram	chloroacetyl chloride	market for chloroacetyl chloride	GLO	cutoff391	4,97E-02
market for cobaltGLO	cobalt | market for cobalt | GLO | kilogram | cutoff391	1	kilogram	cobalt	market for cobalt	GLO	cutoff391	5,05E-01
market for concrete, 30MPaCH	concrete, 30MPa | market for concrete, 30MPa | CH | cubic me	1	cubic meter	concrete, 30MPa	market for concrete, 30MPa	CH	cutoff391	6,28E-01
market for copper cakeGLO	copper cake | market for copper cake | GLO | kilogram | cutoff	1	kilogram	copper cake	market for copper cake	GLO	cutoff391	4,88E-02
market for copper cakeGLO	copper cake | market for copper cake | GLO | kilogram | cutoff	1	kilogram	copper cake	market for copper cake	GLO	cutoff391	4,88E-02
market for copper-rich materialsGLO	copper-rich materials | market for copper-rich materials | GLO	1	kilogram	copper-rich materials	market for copper-rich materials	GLO	cutoff391	4,04E-01
market for diesel, burned in building machineGLO	diesel, burned in building machine | market for diesel, burned	1	megajoule	diesel, burned in buildin	market for diesel, burned in buildir	GLO	cutoff391	9,20E-04

Figure 3 : Exemple de l'onglet « EcoInvent »

Ces données varient peu mais un utilisateur avancé doit pouvoir les modifier si besoin (modification des données, ajoute de nouvelles références (lignes).

Cette fonctionnalité correspond à l'onglet EcoInvent de l'outil Excel actuel.

NB : la conception devra permettre dans le futur de d'importer de nouvelles données depuis une base externe (base LSET)

4.2.4 Paramétrage des profils économiques et environnementaux des entrées/sorties de systèmes énergétiques

Les utilisateurs pourront créer des profils avec le prix de l'énergie et des matières premières. Par exemple « France 2024 ». Ces profils seront ensuite sélectionnables dans les projets.

4.2.5 Paramétrage des « unités externes »

Tous les utilisateurs pourront :

- Visualiser les unités externes déjà présentes dans la base ;
- Créer de nouvelles unités externes.

4.3 Fonctionnalités liées aux projets

Un projet dans PROSECO correspond à:

- La Sélection de simulations PROSIM (nouvelles ou provenant d'un projet existant)
- La Sélection (ou pas) d'unités externes (jeu de données non issus de simulation Procédé PROSIM)
- La Sélection de données de contexte technico économique
- La Sélection de données ACV
- Le choix des Dimensionnements (personnalisation de la production ou consommation horaire du système énergétique à partir du système de référence simulé sous Prosim+)
- La Configuration du Post Traitement
- Les Evaluations :
    - Design des modules principaux pour les dimensionnements spécifiés
    - Affinage progressif effectué avec les paramètres par défaut
    - Calcul des KPI techniques, des couts et des impacts environnementaux
- La mise à disposition de Résultats

4.3.1 Lister les projets

Cette fonctionnalité permet à un utilisateur de l'application de visualiser les projets existants dans la base.
Ceci inclura la possibilité de trier/ filtrer ou faire une recherche afin de limiter le nombre de projets affichés.

Pour chaque projet l'utilisateur aura la possibilité de :

- Consulter le détail du projet (tout le monde)
- Modifier le projet (uniquement s'il en est membre)
- Dupliquer le projet (tout le monde)
- Supprimer le projet (administrateurs, utilisateurs avancés)
- Donner de droits sur un projet (uniquement s'il en est membre)

4.3.2 Consulter le détail d'un projet

Cette fonctionnalité permettra à un utilisateur de voir le détail d'un projet :

- Procédés PROSIM (il faudrait pouvoir stocker les fichier .pmp3 de ProSim associé à un projet)

- Unités externes (procédé non PROSIM) utilisées
- Données de contexte technico économique utilisées (données de couts et empreinte CO_2 des E/S du système)
- Données ACV utilisées
- Le Dimensionnements utilisé : le stream d'entrée ou sortie qui sert au dimensionnement et la valeur de référence de la simulation ProSimPlus
- Configurations Post-traitement, (chiffrage des modules)
- Evaluations
- Résultats

4.3.3 Dupliquer un projet

La fonctionnalité de duplication permettra de créer une copie d'un projet. L'utilisateur aura la possibilité de dupliquer tout le projet ou uniquement la partie paramétrage sans toutes les évaluations.

4.4.1 Créer un nouveau projet

Cette fonctionnalité permet à un utilisateur de :

- modifier un projet existant en le dupliquant
- créer un nouveau projet

Le nouveau projet se passe en plusieurs étapes. Certaines des étapes sont allégées dans le cas d'une duplication d'un projet existant.

4.4.1.1 Etape 1 : Sélection d'un projet existant ou Import des données PROSIM du procédé

L'utilisateur a la possibilité :

- De sélectionner des procédés parmi une bibliothèque de procédés déjà importés.
- Ou bien d'en importer de nouveaux.

S'il choisit d'en importer de nouveaux, ces procédés deviendront disponibles dans la bibliothèque de procédés et utilisables pour les autres projets.

4.4.1.1.1 Import d'un nouveau Procédé PROSIM

Pour l'import d'un nouveau procédé, il devra sélectionner des fichiers issus de l'application de simulation PROSIM. Ces données sont de 5 sortes :

- Données concernant les Flux tels qu'extraits de Prosim
- Données concernant les modules tels qu'extraits de Prosim
- Stockage des fichiers .pmp3 de Prosim (chaque fichier fait entre 10 et 20 Mo)
- Possibilité de mise à disposition d'un schéma process simplifié : schéma libre sous forme d'image + possibilité d'ajouter une source modifiable (.vsd ou autre)
- Possibilité de mise à disposition d'un schéma bloc (image + source modifiable)
- Données de type MetaData avec de l'information sur la simulation PROSIM (niveau d'aboutissement par exemple)

  Exemple de Metadatas :

  Nom :

  Date création et utilisateur

  Date dernière modification et utilisateur

  Liens de parentalité avec des projets (On part rarement d'une page blanche. Mais on repart de schémas existants. Il s'agit de lister un ou plusieurs projets parents)

  Main Stream in

  Main Stream Out

  Liste des Technologies :

  - Electrolyse HT
  - RWGS…

  Les règles de nommage « métiers » utilisés [4.4.1.1.2] qui permettent d'identifier les blocs fonctionnels, sous-blocs et type d'équipement à partir des attributs « Stream name » et « Module name » et pouvant faciliter l'exécution des projets Proseco

  Cadre de développement de l'évaluation

- Projet (nom du projet / ID Gepeto)
- Hors projet
- Confidentialité….

Son Niveau aboutissement :

- Simulation préliminaire (bilans matière opérationnel)
- Simulation avec intégration énergétique
- Simulation consolidée : non seulement toute l'intégration a été réalisée, mais il a été vérifié que les tous les noms sont correctement fournis, et que tous les modules retournent bien les informations nécessaires. La modélisation économique dans PROSECO est alors opérationnelle

4.4.1.1.2 Repérage des blocs fonctionnels et type d'équipements Focus sur les « Règles de nommage métiers »

Les données extraites de ProSIM contiennent des attributs Module name et Stream name qui sont attribués lors du travail de modélisation et permettent de simplifier l'interprétation des données en post-traitement (outil actuel et possiblement Proseco).

Les règles de nommage des Stream et des modules à considérer est :

- Un nom de Module est composé de 1 à 3 lettres suivies de 3 digits « XX000 » (voir Exemple 1).
  La définition des blocs fonctionnels permet de faciliter l'exploitation des résultats, l'application des coefficients de dimensionnement, etc …
  Il peut également une distinction par sous-bloc fonctionnel
  - → Les numéros des blocs fonctionnels sont propres à chaque simulation Prosim
  - → Le nom du bloc fonctionnel est personnalisable pour chaque projet
  - → Les unités externes qui sont ajoutées se voient attribuée également à minima un nom de Bloc fonctionnel

Exemple :1. Une simulation procédé peut être composées de plusieurs blocs fonctionnels. Dans ce cas, tous les modules appartenant à un même bloc commencent par le même numéro.

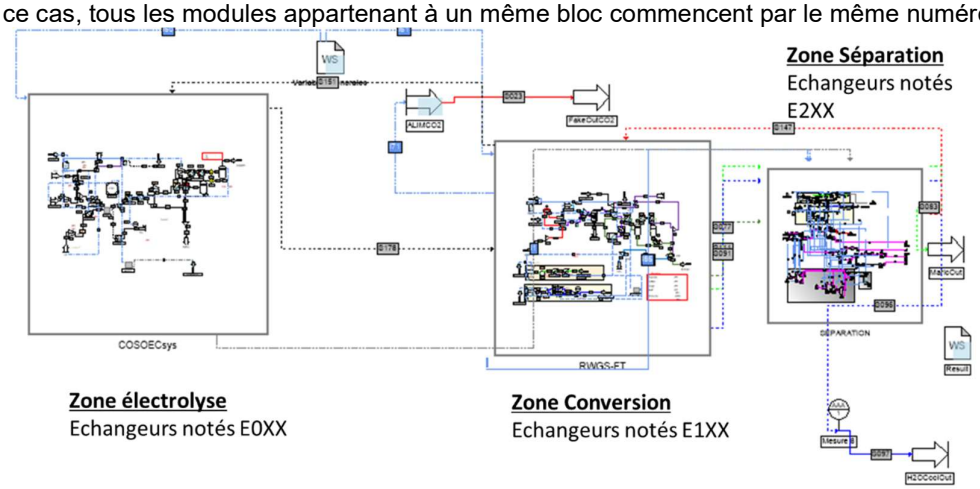


Figure 13 : Exemple de simulation décomposable en 3 blocs fonctionnels, les numéros utilisés pour cette simulation sont 0,1 et 2.

- Les données de modules contiennent un attribut « Module type »

Module Type	Type de Module	Description
MEL	Module d'Échangeur de Chaleur	Ce module représente les échangeurs de chaleur utilisés pour transférer la chaleur entre différents circuits du systeme simulé.
COLD	Module de Circuit Froid	Ce module représente les parties du circuit primaire où l'eau est refroidie avant d'être réchauffée à nouveau dans le réacteur.
TCON	Module de Contrôle de Température	Ce module est utilisé pour contrôler et réguler la température dans différents points du circuit.
DISS	Module de Dissipation	Ce module représente les systèmes de dissipation de chaleur, souvent utilisés pour évacuer l'excès de chaleur du systeme simulé.
SDUP	Module de Système de Duplication	Ce module représente les systèmes redondants ou de secours qui assurent la continuité de fonctionnement en cas de défaillance d'un composant principal.
OUT	Module de Sortie	Ce module représente les points de sortie du circuit, souvent utilisés pour évacuer des fluides ou des gaz.
MANI	Module de Manipulation	Ce module représente les systèmes de manipulation, souvent utilisés pour déplacer des composants ou des matériaux à l'intérieur du systeme simulé.
CASW	Module de Cascade	Ce module représente les systèmes de cascade, souvent utilisés dans les circuits de refroidissement pour transférer la chaleur de manière séquentielle.
POMP	Module de Pompe	Ce module représente les pompes utilisées pour circuler les fluides dans les différents circuits du systeme simulé.
SECH	Module de Séchage	Ce module représente les systèmes de séchage utilisés pour éliminer l'humidité dans certains circuits ou composants.
SPEC	Module Spécial	Ce module représente des composants ou des systèmes spécifiques qui ne rentrent pas dans les catégories standard.
FLAS	Module de Flash	Ce module représente les systèmes de flash, souvent utilisés pour convertir rapidement de l'eau liquide en vapeur.
COMG	Module de Compresseur	Ce module représente les compresseurs utilisés pour augmenter la pression des gaz dans certains circuits.
ECHA	Module d'Échangeur	Ce module représente les échangeurs de chaleur, similaires à MEL, mais peut être plus spécifique à certains types d'échangeurs.
ALIM	Module d'Alimentation	Ce module représente les systèmes d'alimentation en fluides ou en énergie pour différents composants du systeme simulé.
REQU	Module de Requête	Ce module représente les systèmes de requête ou de demande, souvent utilisés pour déclencher des actions spécifiques dans le systeme simulé.
COMP	Module de Compresseur	Similaire à COMG, ce module représente les compresseurs utilisés pour augmenter la pression des gaz.
DIV	Module de Diviseur	Ce module représente un diviseur de flux, utilisé pour diviser un flux de fluide en plusieurs flux plus petits
WS_REAC	Module de Réacteur à eau et vapeur	
VALVE	Module de Vanne	
TANK	Module de réservoir	
PIPE	Module de Conduite	
CONTROL	Module de Contrôle	

Les noms des modules attribués lors de l'étape de simulation « Module name » complètent l'identification du type de module déjà présents dans l'attribut « Module type ». Les règles de dimensionnement, chiffrages économiques et environnementaux à appliquer sont actuellement attribuées en fonction du type d'équipement issu de l'attribut « Module name ».

Les 2 premières lettres des noms des modules comprennent intrinsèquement le type d'équipement considéré

Equipmer	XX000	Type Prosim
Exchanger	E	TCON,COLD,ECH
Exchanger	EA	TCON,COLD,ECH
Exchanger	EV	TCON,COLD,ECH
Compress	K	COMP,COMG
Exchanger	KE	TCON,COLD,ECH
Flash	KK	FLAS,SEPA
Flash	D	FLAS,SEPA
Reactor	R	REQU,WS_REAC
Steam	SG	
Pump	P	POMP
Membrane	M	
Stream	A	
Stream	UV	MEL
Stream	QV	DIV
Distillation	CD	DISS,SECH
Electrolyse	EL	
Throttle	V	
Throttle	PV	
Others	Z	
Information	I	MANI
Calculateu	CS	CASW
Measure	MES	MES
Spec	SPEC	SPEC

Exemples de noms de modules en suivant cette nomenclature :

- E303 : 3eme échangeur du bloc 3
- R202 : 2eme réacteur du bloc 2
- EL110 : 10eme électrolyseur du bloc 1

- Un nom de Stream (attribut « Stream name ») est composé d'une lettre suivie de 3 digits « X000 »
  La lettre peut faire référence à un bloc fonctionnel déjà identifié, attention ce n'est pas toujours le cas, le cas courant est une seule lettre par simulation. Il est utile de les repérer pour une identification aisée des entrées-sortie de chaque bloc fonctionnel.

Exemple de nommage des stream avec repérage des blocs fonctionnels

Stream	Functional Block
Q	CO2 Capt.
R	H2 Prod.
S	MeOH
V	MeOH Ref.
U	MTO
T	OTJ
W	Jet Ref.

- Modules dont l'attribut « Module name » contient le mot fake
  Les E/S incluant le mot « fake » doivent être ignorées

- Modules dont l'attribut « Module name » contient le mot bis

4.4.1.1.3 Sélection de plusieurs simulations Prosim

Il doit être possible de sélectionner plusieurs simulations Prosim pour constituer un projet. Ces simulations ont préalablement été importées. [4.4.1.1.1].

4.4.1.1.4 Suppression d'un bloc fonctionnel

Il doit être possible de ne pas considérer dans le projet Proseco un bloc fonctionnel issu de la simulation Prosim.

4.4.1.1.5 Ajout d'une ou plusieurs Unités Externes

Il est possible d'introduire un jeu de données descriptif d'un nouveau bloc fonctionnel non issu de la simulation Prosim. Il s'agit de systèmes énergétiques pour lesquels il n'est pas forcément utile du point de vue génie des procédés à être simulé dans Prosim mais qui doivent être intégrés à l'exécution Proseco facilement.
Ces jeux de données sont mis à disposition et directement utilisables pour chaque nouveau projet.
Pour chaque jeu de données mis à disposition, des E/S sont clairement identifiées.
Un bloc fonctionnel est associé spécifiquement pour le projet en cours de définition.

4.4.1.1.6 Consolidation des identifiants des blocs fonctionnels du système global à évaluer

Une fois les simulations, blocs fonctionnels et unités externes définis pour l'exécution du projet, des affectations par bloc fonctionnel sont consolidées pour que le repérage soit unique.
Par défaut le système global à évaluer comprend les procédés ProSim + les unités connexes.

Digit	Functional Block	Sub-block	Source
2	MeOH	Reaction	Prosim Simu 1
3	MeOH	Reaction	Prosim Simu 1
4	MeOH	Distillation	Prosim Simu 1
5	OTJ	Oligomerisation	Prosim Simu 2
6	OTJ	Distillation	Prosim Simu 2
7	MTO	Reaction	Prosim Simu 2
8	MeOH Ref.	Distillation	Prosim Simu 3
0	CO2 Capt.	Post-Combustion	Unité externe
1	H2 Prod.	Electrolysis	Unité externe

Exemple de définition des noms des blocs fonctionnels par simulation Prosim et unités externes

4.4.1.2 Etape2 : Identification des E/S (lien avec les unités externes ou les simulations Prosim)

La détection des E/S doit être automatique. Cela inclus les E/S du système global et également les E/S des blocs fonctionnels

NB : Le repérage des E/S par blocs fonctionnels et par simulation peut être effectué de 2 manières :

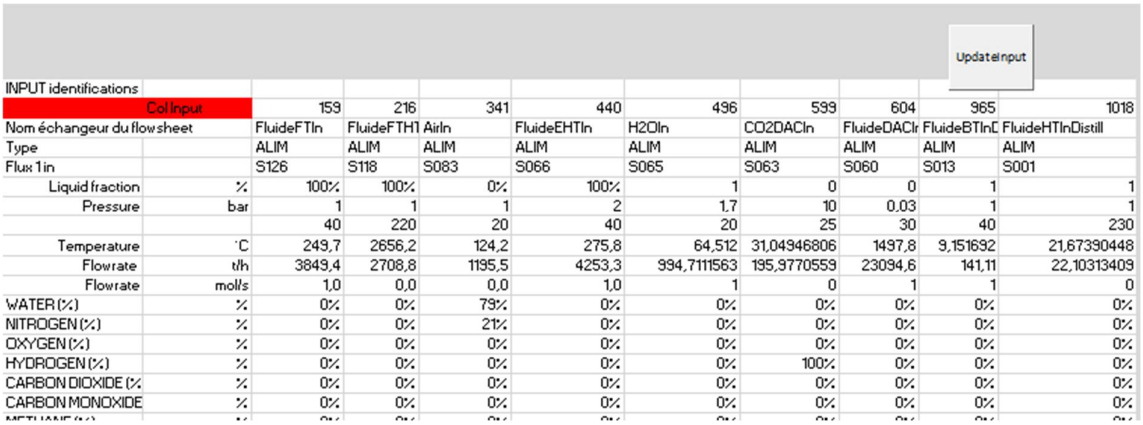
- Par la sélection des modules dont l'attribut « Module type » Prosim est ALIM ou OUT
- Par la sélection des modules dont l'attribut « Module name » contiennent ALIM ou OUT

Certaines E/S ont un statut particulier :

- Si plusieurs simulations ont été sélectionnées, une unité externe ajoutée, un bloc fonctionnel supprimé, alors il faut pouvoir sélectionner les E/S aux interfaces des blocs fonctionnels et uniformiser les attributs « Stream name » des données pour faciliter l'exécution Proseco
- Les E/S du système énergétique global final doivent être listés et validés par l'utilisateur.
- Des alertes sont remontées si des E/S sont mal nommées / identifiées.

Dans l'outil existant, elle se situe dans l'onglet Dimensionnement.

Il faut d'abord lancer « update input » qui va faire l'inventaire des flux d'entrées/sorties du système énergétique considéré (fonctions SearchInput et SearchOutput du module M01_PROSIMRead dans l'outil actuel)


Update Input

INPUT identifications										
Col Input		159	216	341	440	496	599	604	965	1018
Nom échangeur du flowsheet		FluideFTIn	FluideFTH1	AirIn	FluideEHTIn	H2OIn	CO2DACIn	FluideDACIr	FluideBTInD	FluideHTInDistill
Type		ALIM	ALIM	ALIM	ALIM	ALIM	ALIM	ALIM	ALIM	ALIM
Flux 1 in		S126	S118	S083	S066	S065	S063	S060	S013	S001
Liquid fraction	%	100%	100%	0%	100%	1	0	0	1	1
Pressure	bar	1	1	1	2	1,7	10	0,03	1	1
		40	220	20	40	20	25	30	40	230
Temperature	°C	249,7	2656,2	124,2	275,8	64,512	31,04946806	1497,8	9,151692	21,67390448
Flowrate	t/h	3849,4	2708,8	1195,5	4253,3	994,7111563	195,9770559	23094,6	141,11	22,10313409
Flowrate	mol/s	1,0	0,0	0,0	1,0	1	0	1	1	0
WATER (%)	%	0%	0%	79%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
NITROGEN (%)	%	0%	0%	21%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
OXYGEN (%)	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
HYDROGEN (%)	%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
CARBON DIOXIDE (%	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CARBON MONOXIDE	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figure 4 : Exemple de sélection des entrées sur l'onglet « Dimensionnement »

Idem avec les sorties

Output identification													
Col output		44	154	298	336	540	588	609	644	730	735	740	
Flow name		H2OFTOut	PurgeFTO	AirOut	H2OEHTOut	H2OOutDup	FluideFTHTOu	FluideDACC	FluideBTO	C5-C7	FakeC8+	FakeC8+	
Type		OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	OUT	
Flux 1in		S167	S197	S116	S107	S125	S124	S062	S136	S194	S051	S051	
Liquid fraction	%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	1	1	1	
Pressure	bar	1,9	1,9	1	1	1,7	3	0,03	10	1,9	1,9	1,9	
Temperature	°C	49,3	-32,4	50,0	33,0	115,9	220,0	89,7	40,0	50	81,63984652	81,63985	
Flowrate	t/h	25,6	0,0	158,732	25,4	64,5	2656,2	1497,8	534,7	0,761528694	0,764628725	0,764629	
Flowrate	mol/s	395,0	0,0	1495,6	391,5	994,7	2708,8	23094,6	8243,8	2,451243758	2,451243758	2,451244	
WATER (%)	%	100%	84800%	0,0%	100%	100%	0%	100%	100%	0,008542546	4,69438E-13	4,69E-13	
NITROGEN (%)	%	0%	84900%	63,1%	0%	0%	0%	0%	0%	0	0	0	
OXYGEN (%)	%	0%	85000%	36,9%	0%	0%	0%	0%	0%	0	0	0	
HYDROGEN (%)	%	0%	85100%	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	5,26514E-17	5,27E-17	
CARBON DIOXIDE (%	%	0%	85200%	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	2,44664E-09	2,45E-09	
CARBON MONOXIDE	%	0%	85300%	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	1,73945E-15	1,74E-15	
METHANE (%)	%	0%	85400%	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	5,48481E-14	5,48E-14	
C2H6 (%)	%	0%	85500%	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	1,80091E-09	1,8E-09	
C3H8 (%)	%	0%	85600%	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	4,75768E-06	4,76E-06	
C4H10 (%)	%	0%	85700%	0,0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	0,00788183	0,007882	

Figure 5 : Exemple de sélection des sorties sur l'onglet « Dimensionnement »

Cas de référence (Flowsheet)										
	mol/s	Nm3/h	t/h	kWPCS(kW)	kWPCI	Courant flowsheet		Colonne cou	% cible	Espèce cible
Flowrate ALIM	101.08	8156.2	16.015	0	0	ALIMCO2	S001	5161		
Flowrate CO2	101.08	8156.2	16.015	0	0				100%	CO2
Flowrate Alim	313.42	25290.3	2.275	89577	75786	AlimH2	T003	11433		
Flowrate H2	313.42	25290.3	2.275	89577	75786				100%	H2

Figure 6 : Exemple d'utilisation de « courant flowsheet »

Lien avec une unités externe :

Les unités externes sont systématiquement liées à un débit (molaire ou massique) d'un courant, ou d'une espèce d'un courant.

Pour cette raison, il s'agit en d'une des premières entrées demandées en haut à gauche des onglets liés aux unités connexe. Pour faire le lien, il faut donc lier cette cellule au courant adapté dans l'onglet dimensionnement. Dans l'exemple, le débit H2 est exprimé en débit molaire (en Nm^3/h) à la cellule G44, ce qui correspond bien au débit partiel d'hydrogène dans le courant identifié comme étant l'entrée d'hydrogène.

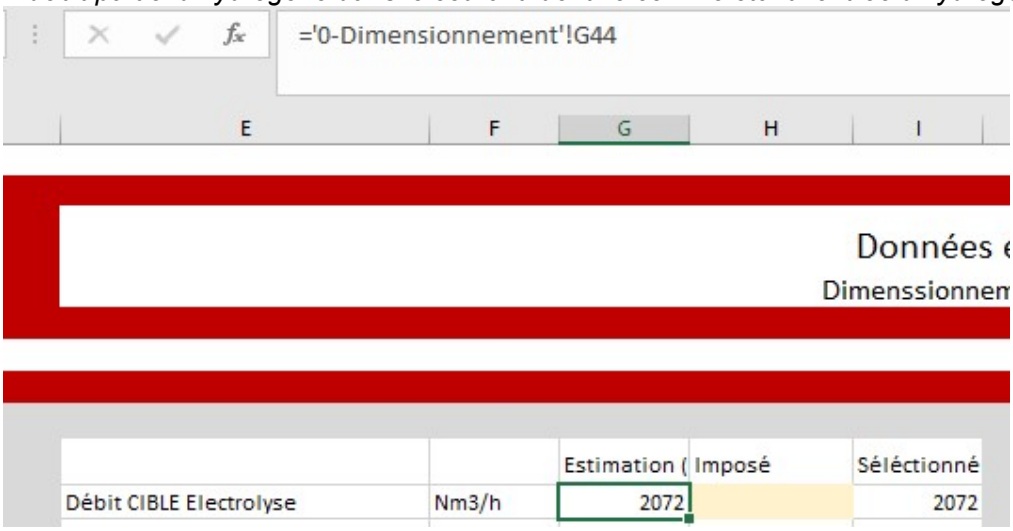


Figure 8 : Exemple de mapping d'un E/S interface pour unité externe

4.4.1.3 Etape 3 : Facteur de Dimensionnement et surcapacité

Les simulations Prosim d'origine sont effectuées pour des valeurs d'E/S dites « de référence ». L'utilisateur doit pouvoir fixer pour quel dimensionnement il veut effectuer les calculs technico-économiques et environnementaux ainsi que l'éventuel facteur de surcapacité à appliquer

→ A partir de la liste des E/S préalablement reconstituées [4.4.1.2] :
- une ou des E/S sont sélectionnées
- Un attribut de stream est sélectionné et une unité associée (t/h, Nm3/h, mol/s ou MWpci ou MWhpcs)
- Une ou des valeurs cibles fixées

⇨ Pour chaque bloc fonctionnel, cela permet de recalcul le facteur multiplicateur à appliquer à une liste d'attribut associée aux Stream et Modules.

⇨ Par bloc fonctionnel, un pourcentage de surcapacité peut également être défini. (non présent dans la solution actuelle), s'appliquant aux attributs spécifiques de chacun des modules.

⇨

Actuellement le choix du flux dimensionné est réalisé conformément à la Figure 1

⇨

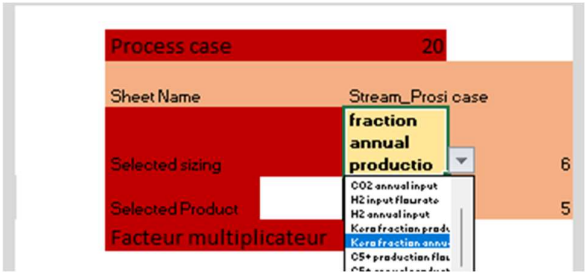


Figure 1 : Exemple de de sélection du flux dimensionnant

Chaque proposition correspond à une ligne du tableau présent en Figure 2*, le facteur dimensionnant obtenu s'applique partout.*

Choix du flux dimenssionnant de l'unité			Selected value	Value in proism	Facteur dimenssionnant
Input	CO2 input flowrate	Nm3/h	50000.0	10694.8	4.68
	CO2 annual input	Nm3/an	50000.0	85558274	0.00
	H2 input flowrate	Nm3/h	50000.0	32629.3	1.53
	H2 annual input	Nm3/an	50000.0	261034525.3	0.00
Crude production	Kero fraction production flowrate	t/h	50000.0	5.1	9752.55
	Kero fraction annual production	t/y	50000.0	41014.9	1.22
	C5+ production flowrate	t/h	50000.0	6.6	7551.59
	C5+ annual production	t/y	50000.0	52969.0	0.94
Other sizing	H2 Output production	t/h	50000.0	0.0	0.00

Figure 2 : Choix possibles de flux dimensionnant et de la valeur associée

Dans la nouvelle version, il faudra pouvoir choisir pour chaque bloc quel est le flux dimensionnant et pouvoir le définir différemment.

Exemple :

- E/S sur laquelle on définit les valeurs cibles : S056 et V057
- Attribut du stream sur lequel on définit les valeurs cibles : Partial Mass Flow [t/h]_METHANOL
- La valeur cible : 2,604 et 0,78125 t/h

- Surcapacité : 10% pour tous les blocs fonctionnels

En retour, les coefficients qui sont appliqués sont calculés automatiquement à partir des simulations de référence, par blocs fonctionnels et appliqués aux attributs adhoc dans l'exécution Proseco.

Functional Block	Stream	Attribut	Demo	Coef Demo	Design Overca
MeOH	S056	Partial Mass Flow [t/h]_METHANOL	2,604166667	0,229108931	10%
MeOH Ref.	V057	Partial Mass Flow [t/h]_METHANOL	0,78125	0,068732679	10%
MTO	U004	Partial Mass Flow [t/h]_METHANOL	1,822916667	0,160376252	10%
OTJ	U004	Partial Mass Flow [t/h]_METHANOL	1,822916667	0,160376252	10%

Dans l'outil actuel, les notions de blocs fonctionnels et de coefficient de surcapacité ne sont pas implémentées sauf exception (les échangeurs appliquent déjà un facteur de surdimensionnement pour prévenir de l'encrassage). (Une version généralisé a également été implanté dans le cas de FacetEfuel), cela correspond à la sélection d'un flux dans l'onglet 0-Dimensionnement (014), puis à la modification de la valeur cible dans la cellule jaune du flux sélectionné :

Les entrées sorties sont sélectionnées en renseignant le nom des entrée sorties dans case jaune « courant flowsheet » (colonne AC), les débits sont alors complétés automatiquement en cherchant le nom du courant (stream) correspondant et la colonne associée dans l'onglet Stream.

La deuxième correspond au débit partiel de l'espèce sélectionné (espèce cible) En effet il est parfois utile de dimensionnement des équipements en fonction de l'attribut « débit partiel d'une espèce » comprise dans un mélange).

Dans le tableaux équivalent sur la gauche, ces courant sont reportés après une homothétie fixé par le dimensionnement de l'unité (multiplié par le facteur « _FacFS »). Dans certains cas, une somme de différents courants est réalisée (c'est souvent le cas pour les entrées sorties de l'eau)

4.4.1.4 Etape 4 : Données de contexte : Economie générale et E/S du système global

Il s'agit de paramétrer le projet à exécuter à partir de données de contexte « extérieur » (entendre non technologiques). Ces données sont à prendre en compte pour l'évaluation économique et environnementales ainsi que pour les calculs de sensibilité.
Ils sont à définir pour chaque projet :

- Hypothèses générales (ou par type d'équipement/block fonctionnel) pour le calcul de cout de production actualisé :
  - Durée d'amortissement
  - Durée de vie
  - Taux d'amortissement

- Le taux de charge
- Données économiques générales (CEPCI ou autre indice) pour l'actualisation des couts e les conversions €/$ (voir 4.2.2)
- A chaque E/S du système global (Voir distinction au 4.4.1.2] *est associé :*
    - *un cout en €/t ou €/MWh, (positif, négatif, nul). Ce cout peut être une chronique temporelle sur x années.*
    - *un contenu carbone en t_{CO2}/t ou t_{CO2}/MWh*
    - *des émissions de CO_{2eq} en kg_{CO2eq}/t ou kg_{CO2eq}/MWh (indicateur ACV « Climate Change »)*
    - *un pourcentage de part renouvelable ou biogénique en %*
    - *un ou plusieurs autres indicateurs d'impacts ACV*

Les valeurs pour les E/S peuvent être :

- *Rentrées manuellement [Cas de base] (comme dans l'outil actuel)*
- *Sélectionnées à partir d'un profil prérempli (exemple France 2024 avec les prix de l'électricité et du gaz correspondant à cette date) [Voir 4.2.4]*
- *Sélectionnées à partir de la base « ACV » pour les indicateurs ACV [4.2.3]*

Exemple dans l'outil actuel :

- *Couts des l'Energie (dans l'onglet Dimensionnement) :*

Flow cost	Unité	Coût Année 0	Inflation annuel	Facteur d'évolution sur la période	Coût Année 20
		€/unité	%	-	€/unité
CO2 cost	t	0	0,0%	1,00	0,0
Taxe CO2	t	100	0,0%	1,00	100,0
Crude an d by product			0,0%		
Electricity (ref)	MWh	100	0,0%	1,00	100,0
Heat valorization	MWh	6	0,0%	1,00	6,0
Heat cost	MWh	6	0,0%	1,00	6,0
Taxe réseau TURPE	MWh	0	0,0%	1,00	0,0
H2O cost	t	0,8	0,0%	1,00	0,8
Flow valorisation					
Steam valorized	t	0	0,0%	1,00	0,0
Heat save for steam	MWh	40	0,0%	1,00	40,0
Mandate/Certificates value	€/ton rLPG	#REF!			

Figure 9 : Exemple couts des vecteurs consommés

- *Prix des produits (dans l'onglet Dimensionnement) :*

Hydrocarbon cost (Certificate)	Product price	Inflation annuelle					Num species	Carbon content (before combustion) ADEME	Carbon content (combustion)	Carbon content REDII	Carbon content fossil (total)	Carbon content REDII	Fossil tax (only combustion)
	€/t	%	€/MWh LHV	€/MWh HHV	MM average (g/	n eq		kgCO2eq/t	kgCO2eq/t	kgCO2eq/t	gCO2eq/kWh[	gCO2eq/kWhLHV	€/t
C1-C4	83	0,0%	6,5	6,0	34,9	2,3		307	2963	3654	288	288	296
C5-C7	1250	0,0%	100,8	93,4	32,2	6,4		495	3075	4190	338	338	308
C8-C16	2500	0,0%	203,5	189,0	142,6	10,0		721	3039	4153	338	338	310
C17-C25	2500	0,0%	207,4	193,0	270,8	19,2		720	3120	4075	338	338	312
C26-C80	2500	0,0%	0,0	0,0	0,0	-0,1		3840	0	0	#DIV/0!	338	0
Aromatic	2500	0,0%	0,0	0,0	0,0	-0,1		3840	0	0	#VALEUR!	338	0
CO2 source % Biogenic	100%	56%	56%										

Figure 10 : Exemple prix de valorisation des produits [ie Sorties du système]

- *Empreinte environnementale*

Dans l'outil actuel ces étapes sont réalisées

- *Onglet avec les données EcoInvent*
- *+ Lien dans « 0 Bilan ACV »*

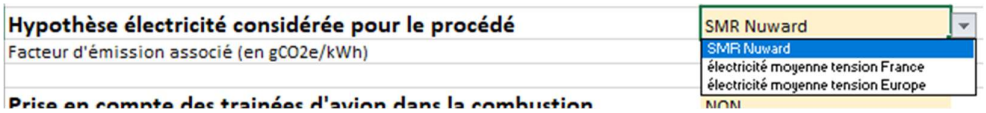
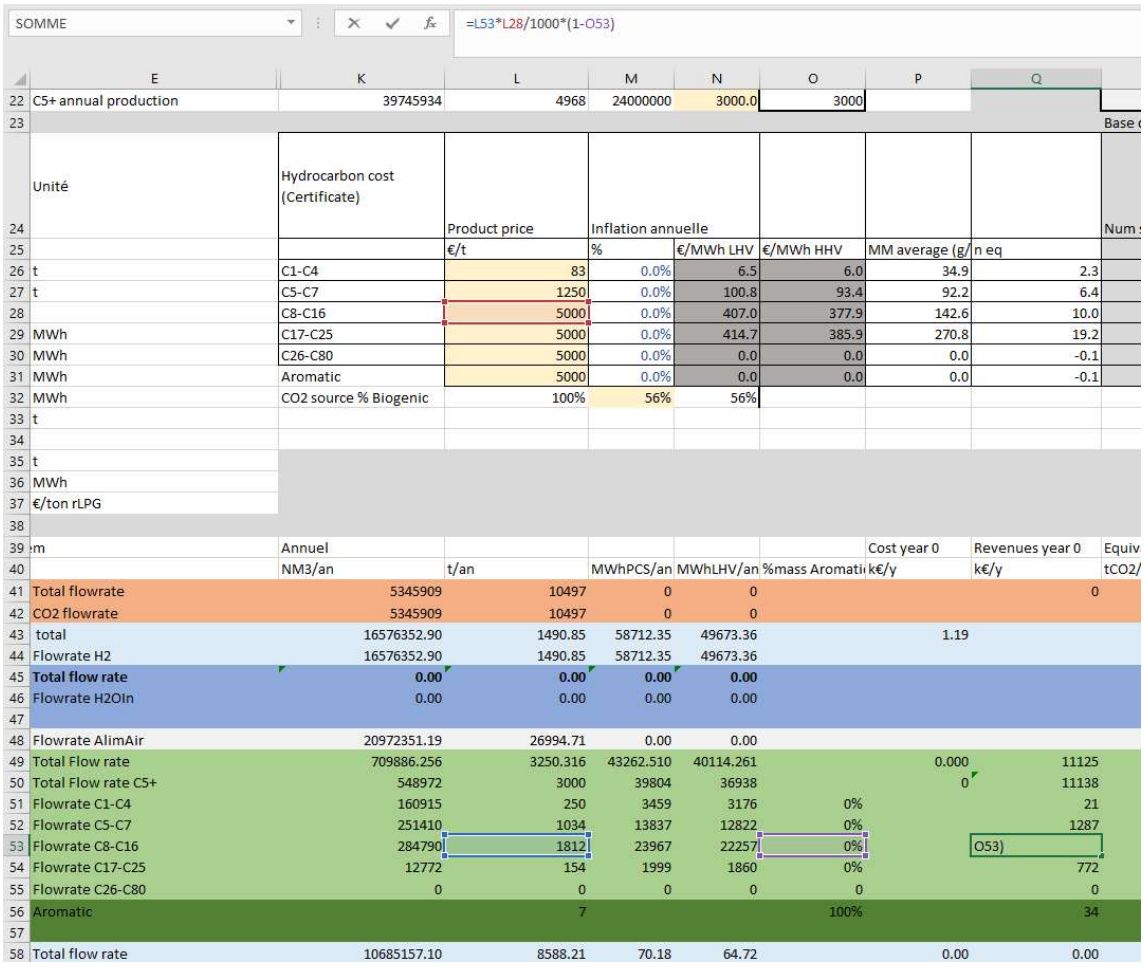


Figure 11 : Exemple de sélection des impacts environnementaux pour l'électricité consommée [ie : Entrée Electricité]

Association aux E/S : Actuellement le lien est réalisé manuellement en complétant la formules des couts (colonne P) ou revenus (Colonne Q) avec les données économiques situées dans les lignes 26-32 sur la figure ci-dessous.


SOMME =L53*L28/1000*(1-O53)

	E	K	L	M	N	O	P	Q
22	C5+ annual production	39745934	4968	24000000	3000.0	3000		
23								
24	Unité	Hydrocarbon cost (Certificate)	Product price	Inflation annuelle				
25			€/t	%	€/MWh LHV	€/MWh HHV	MM average (g/	n eq
26	t	C1-C4	83	0.0%	6.5	6.0	34.9	2.3
27	t	C5-C7	1250	0.0%	100.8	93.4	92.2	6.4
28		C8-C16	5000	0.0%	407.0	377.9	142.6	10.0
29	MWh	C17-C25	5000	0.0%	414.7	385.9	270.8	19.2
30	MWh	C26-C80	5000	0.0%	0.0	0.0	0.0	-0.1
31	MWh	Aromatic	5000	0.0%	0.0	0.0	0.0	-0.1
32	MWh	CO2 source % Biogenic	100%	56%	56%			
33	t							
34								
35	t							
36	MWh							
37	€/ton rLPG							
38								
39	m	Annuel					Cost year 0	Revenues year 0
40		NM3/an	t/an	MWhPCS/an	MWhLHV/an	%mass Aromati	k€/y	k€/y
41	Total flowrate	5345909	10497	0	0			0
42	CO2 flowrate	5345909	10497	0	0			
43	total	16576352.90	1490.85	58712.35	49673.36		1.19	
44	Flowrate H2	16576352.90	1490.85	58712.35	49673.36			
45	**Total flow rate**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**			
46	Flowrate H2OIn	0.00	0.00	0.00	0.00			
47								
48	Flowrate AlimAir	20972351.19	26994.71	0.00	0.00			
49	Total Flow rate	709886.256	3250.316	43262.510	40114.261		0.000	11125
50	Total Flow rate C5+	548972	3000	39804	36938		0	11138
51	Flowrate C1-C4	160915	250	3459	3176	0%		21
52	Flowrate C5-C7	251410	1034	13837	12822	0%		1287
53	Flowrate C8-C16	284790	1812	23967	22257	0%		O53)
54	Flowrate C17-C25	12772	154	1999	1860	0%		772
55	Flowrate C26-C80	0	0	0	0	0		0
56	Aromatic		7			100%		34
57								
58	Total flow rate	10685157.10	8588.21	70.18	64.72		0.00	0.00

Figure 7 : Association des données économiques aux E/S

4.4.1.5 Etape 5 : Configuration Post Traitement

Dans cette étape, l'utilisateur sélectionne :

- les kpi qu'il veut calculer sur le système global
  Liste par défaut :
  KPI économiques :
    - R/C ratio (revenues/cost)
    - production cost (€/t or €/MWh)
    - NPV (k€ ou M€)
    - RIT (y)
    - Total Investment (k€ ou M€)
    - IRR (%) Internal rate of return

  KPI efficacité :
    - Rendement énergétique sans valorisation de la chaleur excédentaire

- Des KPI supplémentaires que ceux par défaut listés au point précédent :
    - Rendement énergétique avec valorisation de la chaleur excédentaire
- S'il veut calculer des impacts environnementaux KPI ACV en plus de l'indicateur Climate Change **(kg CO2 eq) (par défaut)** parmi les 15 autres paramètres de la méthode LCA disponibles :
    - Acidification (mol H+ eq)
    - Ecotoxicity, freshwater (CTUe)
    - Resource use, fossils (MJ)
    - Eutrophication, freshwater (kg P eq)
    - Eutrophication, marine (kg N eq)
    - Eutrophication, terrestrial (mol N eq)
    - Human toxicity, cancer (CTUh)
    - Human toxicity, non-cancer (CTUh)
    - Ionising radiation (kBq U-235 eq)
    - Land use (Pt)
    - Resource use, minerals and metals (kg Sb eq)
    - Ozone depletion (kg CFC11 eq)
    - Particulate matter (disease inc.)
    - Photochemical ozone formation (kg NMVOC eq)
    - Water use (m3 depriv.))
- Choisir des kpi de la liste par défaut à calculer pour un périmètre réduit selon les niveaux :
    - Module
    - Bloc fonctionnel
- Il doit être possible d'enrichir la liste des KPI : facilement (développement en dur facile via l'intervention sur l'application des utilisateurs avancés)

4.4.1.6 Etape 6 : Evaluations

Plusieurs types d'évaluations peuvent être envisageables :

- Une Evaluation préliminaire servant au « débug » du projet nouvellement créé

- Une Evaluation complète
- Une évaluation de type MonteCarlo

Pour chacune de ces évaluations, les calculs techniques associés à chacun des types de modules sont effectués.
Les données extraites de Prosim et la création des attributs associée aux calculs par type de module sont stockés dans la BDD de Proseco avec :

- Des id ;
- Des noms d'attributs uniques par type de modules ;
- Les attributs sont affectés à des catégories :
  - Technique
  - Dimensionnement
  - Economique
  - Environnemental
- Les attributs sur lesquels s'appliquent les coefficients de dimensionnement et de surcapacité sont identifiés
- Les attributs qui constituent des données personnalisables sont identifiés
- Les noms d'attributs sont disponibles en version anglaise et française

4.4.1.6.1.1.1.1.1 Evaluation préliminaire « Debug »
Il s'agit de vérifier :

- La bonne prise en compte des étapes 1-4 lors de la création d'un nouveau projet
  - Bonne lecture et interprétation des données issues de Prosim
  - Définition des blocs fonctionnels
  - Identifications des E/S
  - Prise en compte des coefficients de dimensionnement et surcapacité
  - Exécution des calculs de dimensionnement associés à chacun des types de modules, leur chiffrage économique et environnemental
  - Exécution des calculs sur le système global pour les KPI par défaut
  - Exécution des calculs pour chaque type de module avec les valeurs par défaut

Les résultats associés à cette évaluation sont :

- La table d'échange entre données issues des simulations Prosim (Stream, Modules) et leur nouvelles identification « Proseco »
- L'association des modules à leurs blocs fonctionnels
- La visualisation que le bilan masse respecte le dimensionnement ciblé
- Les calculs pour les différents types de modules (onglet calcul colonne, calcul réacteur, calcul flash, calcul compresseurs, calcul CO2capture, calcul Membrane te calcul EHT de l'outil actuel)
- La synthèse des données manquantes ou aberrantes
- La synthèse des « Warnings » associés aux calculs par type de modules
  Exemple de warning :
  - Dimensionnement qui implique des valeurs/caractéristiques incohérentes pour un module (par exemple une colonne de 4km de haut)

- Règle d'extrapolation du cout erronée
- Etc…

		15,3	15,2	12,2	15,2
	Plate type	Chambered	Chambered	Chambered	Chambered C
	Cost base 2000 (€)	7038,9	7037,1	7035,2	6988,5
	Warning	-| /!\ P>25 bar ==> extrapolation	-| /!\ P>25 bar ==> extrapolation	-| /!\ P>25 bar ==> extrapolation	-| /!\ P>25 bar ==> extrapolation -
	Type XXX	AES	AES	AES	AES A

Figure 15 : Exemple de warning dans l'outil actuel sur l'onglet « Calcul échangeur »

- Les calculs des KPI par défaut
  - Génération rapport Balance Cost (onglet balance cost et balance cost global)

A l'issue de ce type d'évaluation, les étapes 1-4 [4.3.1] peuvent être corrigées avant de relancer une évaluation préliminaire.

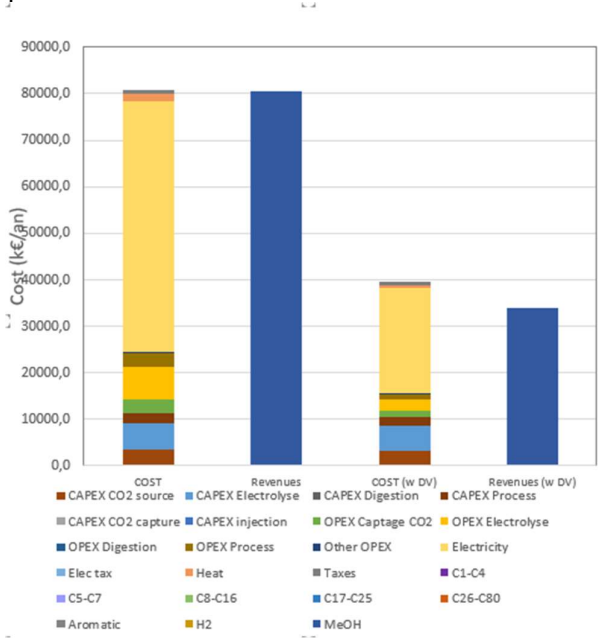


Figure 16 : Exemple de graphique balance /cost

- P&L (Profit and Lost)

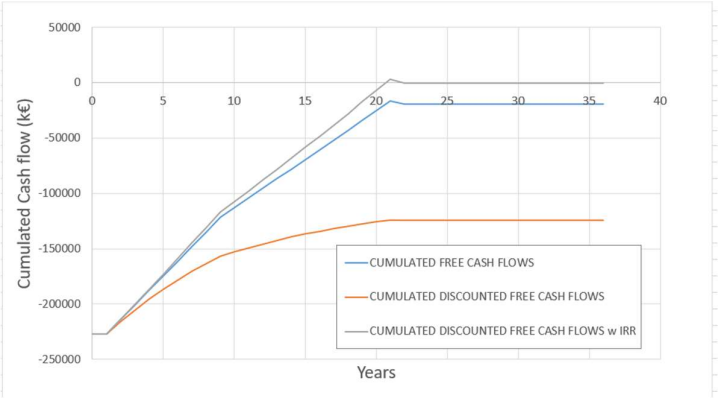


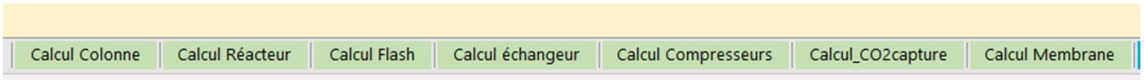
Figure 17 : Exemple de graphique cumulative cash flow

4.4.1.6.1.1.1.1.2 Evaluation expert

Une fois que l'évaluation préliminaire fonctionne pour un projet, l'utilisateur peut personnaliser :

- Le paramétrage des calculs par type de module :
  - en fonction des warnings affichés lors de l'évaluation préliminaire,
  - utiliser des valeurs autres que par défaut pour un paramètre.
- Personnaliser certains paramètres du jeu des Unités externes utilisées
- Revenir sur la définition du contexte économique général et associé aux E/S
- Modifier l'étape 5
- Exécuter les calculs en mode « expert »
- Enregistrer ou non la configuration du projet et les résultats par défaut associés [4.4.1.7]

Dans l'outil actuel cette étape se fait dans les onglets qui correspondent aux différents modules :



On peut changer les valeurs des lignes en jaunes

Par exemple dans l'outil actuel pour « calcul échangeur », il est possible de changer :

- *Matériaux*
- *Type d'échangeur*
- *Nombre d'échangeurs en //*
- *Echangeur considéré ou non dans les calculs*
- *Le cout évalué (il est possible d'écraser le cout d'un équipement dans le cas où l'on aurait obtenus une estimation jugée plus fiable que celle proposées par l'outil, par exemple un devis de fournisseur)*

Plate Chauvel	Power adapted to simulation		29,2	460,3
	Number of exchanger in //			
	Number of exchanger in // selected		1,0	1,0
	Power adapted to one exchanger		29,2	460,3
	Coeff echange (W/m²/K) imposé			
	HeatExchanger type		Tube&Shell	Tube&Shell
	Coeff echange (W/m²/K) sélectionné		129,1	1183,2
	Max pressure		80,0	80,0
	Sizing pressure		80,0	80,0
	Max pressure selected		80,0	80,0
	DTLM (°C)		11,8	67,2
	Minimal Surface (m2)		19,2	5,8
	Surface margin (%)		30%	30%
	Surface (m2)		24,2	7,5
			160,1	124,9
	Plate type		Chambered	mbered
	Cost base 2000 (€)		16081,2	9780,5
		Warning	-| /!\ P>25 bar ==> extrapolation	-| /!\ P>25 bar ==> extrapolation
	Type XXX		AES	AES
If tube and shell Chauvel	Chosen Type			
	Type XXX		AES	AES
	Lenght of bundle m		4,9	4,9
	Pass number u		3,0	3,0
	Pressure max tube bar		80,0	80,0
	Pressure max shell bar		4,0	70,0
	Temperature max °C		58,8	248,4
	Material -		CS/CS	CS/CS
	Cost base 2000 (€)		18186,5	14193,5

Figure 18 : Exemple des valeurs modifiables pour un échangeur

⇨ *Quand le tuning est fait pour chaque module la simulation est relancée via « refresh simulation »*

4.4.1.6.1.1.1.3 Evaluation de type Monte Carlo

L'évaluation de type Monte Carlo est une approche statistique.
L'utilisateur peut régler le nombre d'évaluation qu'il veut lancer.
Pour chaque paramètre , l'utilisateur fixe une borne min et max (onglet scenario de l'outil actuel)
Typiquement les paramètres que l'on peut vouloir faire varier dans une analyse de Monte Carlo :

- Les données de contexte : général (La durée de vie du projet et le nombre d'heure de production par an) et liées aux E/S
- Les couts des équipements par type de module (en appliquant par exemple un facteur de +/- 30%

On lance plusieurs évaluations en tirant un nombre aléatoire entre les bornes min et max de chaque paramètre sélectionné.
Ce type d'évaluation permet de déterminer l'impact de chaque paramètre sur le résultat final ainsi que d'estimer une distribution de probabilité sur la rentabilité de l'installation

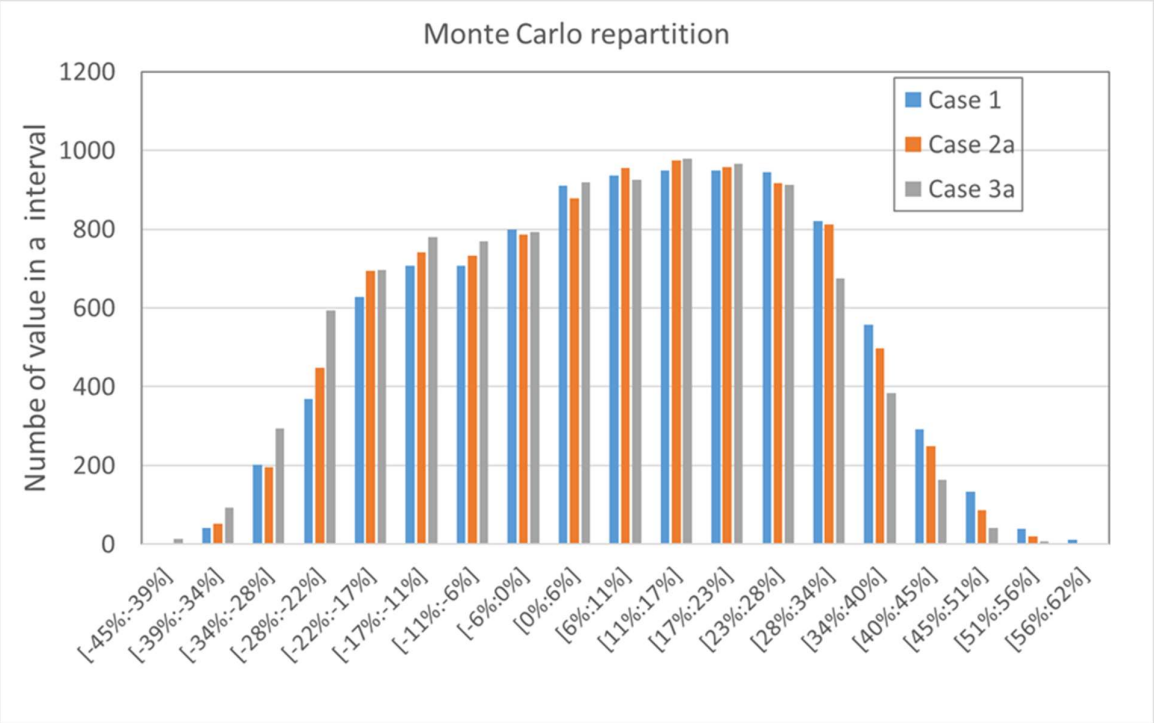


Figure 39 : Exemple de résultats d'une simulation de type MonteCarlo considérant 10 000 simulations et les classants selon le ROI obtenus (Return On Investment)

NB : Il y a une génération de rapport global, mais pas le détail de chaque simulation, ni de sauvegarde dans la base de tous les résultats. Si l'utilisateur souhaite voir le détail d'une évaluation il a la possibilité de la relancer unitairement.

4.4.1.7 Etape 7 : Configuration des Résultats

Les résultats pour un projet sont de plusieurs formes

- Bilan Masse
- Bilan énergie
- Bilan intégration thermique

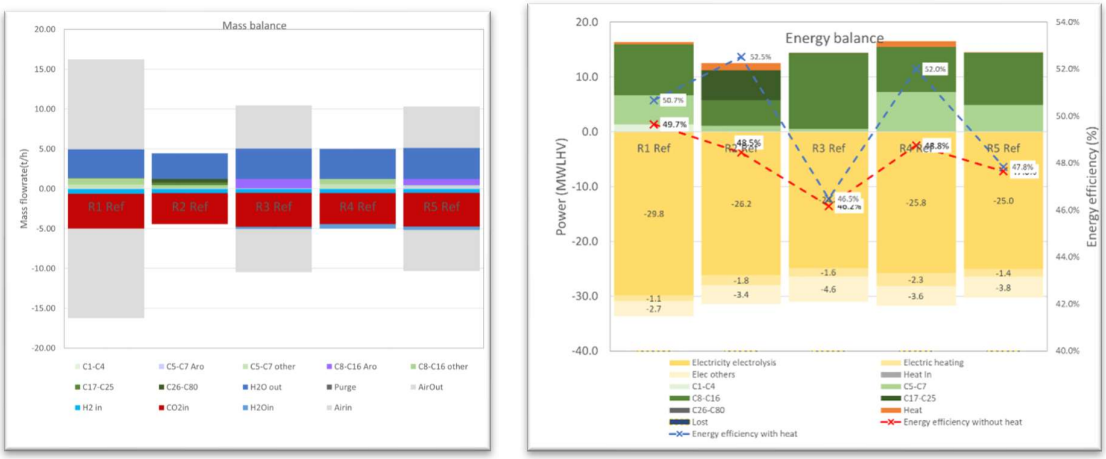


Figure 20 : Exemple bilan masse et bilan énergie

- Schéma simplifié (si donné à la création du projet)
- Tableaux de synthèse type liste des équipements et liste des hypothèses
- Rapport texte (génération pour diffusion à l'extérieur par exemple). Format modifiable (html ? format word ?). Il y aura un template pour ce rapport et toutes les annexes qui seront produites. Le rapport contiendra les éléments suivants :
  - Liste des hypothèses
  - Schéma bloc (si donné à la création du projet) représentant les périmètres avec les flux d'E/S
  - Tableau avec les kpis sélectionnés
  - Graphiques (voir les onglets Grap, Graph cost, Graph balance)

- Affichage des résultats pour les experts -> autre niveau que le rapport (+ détaillé)

- Mise à dispo des données dans une BDD : cette base sera ensuite accessible pour générer des rapports personnalisés si besoin avec des outils de type PowerBI, accessible par d'autres applications.

- Des règles de nommage, référencement pourront être éditées ?

4.5 Fonctionnalités avancées

4.5.1 Ajout nouveau composant **(/!\ code)**

Un utilisateur avancé doit pouvoir ajouter un nouveau composant (type d'équipement/module) sous la forme de plugin Python. Par exemple dans les cas suivants :

- Composant PROSIM jamais utilisé
- Composant Custom

L'ajout d'un composant nécessite la modification du script d'export des données de PROSIM qui sera fait en parallèle (dans PROSIM)

Un template de plugin sera proposé. Ce template servira de base pour qu'un utilisateur avancé puisse coder un nouveau composant et l'ajouter à Proseco afin qu'il soit utilisable ensuite dans les différents projets.

Pour information, le composant le plus complexe dans l'outil actuel est la colonne à distiller.

4.5.2 Ajout unité connexe **(/!\ code) (extérieure)**

De la même façon que pour les composants l'idée est de disposer d'un Template qui permettra aux utilisateurs avancés d'ajouter des unités connexes sous la forme de nouveau plugin Python.
Les unités connexes se composent toujours de la même façon :

- En entrée : un débit
- En sortie : CAPEX/ OPEX, consommation électrique et bilan thermique

Bilan annuel associé à la conversion Liste des flux In List des flux out Choix d'un flux de référence (et unité) exemple H2 [t/h] Tous les autres flux sont exprimés par la forme Flux2=k.H2		Estimation (ou ref)	Imposé	Sélecti
Total CAPEX	k€/tph	0,00		
Total OPEX	% TCD	0,00		
Flux 2	t/Unit de ref	0,00		
Flux 3		0,00		
Flux 4 ….		0,00		
		0,00		

- Tableau des Utilities :

Puissance totale (kW)	
Chauffeur elec	0,0
Valorisation de chaleur MT	-1017,6
Medium cooling circuit	3193,8
Cryo utility	0,0

4.5.3 Intégration Prosim (appel depuis Prosim/ Récupération résultat/ optimisation)

Les utilisateurs souhaitent pouvoir appeler une évaluation PROSECO depuis PROSIM (qui permet d'appeler du code python).

```
' First create an instance of our Python class
set ReacConv = CreateObject("ProSimPlus.PythonPF_FTCO")
ReacConv.VBSModule = Module
ReacConv.VBSProject = Project

' Then call the OnCalculate method of the Python class
Calculate = ReacConv.Calculate
```

Figure 4 : exemple d'appel d'un script python (nommé Reac.conv) depuis un module script de ProSIm

Le scénario envisagé est le suivant :

1. L'utilisateur est sur un schéma de procédé figé sous PROSIM avec un jeu de paramètres
2. L'utilisateur créé son projet dans PROSECO en important les fichiers PROSIM
3. Sous PROSIM il peut appeler une évaluation PROSECO pour le projet créé et récupérer les résultats.
4. Les résultats sont interprétés avec un solver sous PROSIM qui fait varier les paramètres en fonction des résultats et Produit un nouveau jeu de résultats (sets de données d'entrées)
5. Relance une évaluation PROSECO avec le même paramétrage
6. Ceci jusqu'à ce que le solveur PROSIM trouve la meilleure valeur pour le paramètre que l'on cherche à optimiser (processus itératif)

4.5.4 Import de jeux de données depuis une BDD

Les données liées au paramétrage global [4.2] sont importée ou mise à jour à partir d'une BDD CEA.

4.5.5 Jeu de données pour usage externe

Les utilisateurs souhaitent pouvoir exporter les résultats des évaluations dans un format normalisé (à décrire)

L'idée serait de pouvoir sélectionner des données qui seront ensuite exportées dans un format précis exploitable :

- Stockée dans une BDD.
- Sous forme d'un .csv

5 Exigences techniques

La solution technique proposée par le prestataire doit répondre aux exigences suivantes :

5.1 Authentification

L'architecture Intranet devra être en SSO (Single Sign On) en suivant le protocole OIDC avec un serveur Keycloak.
Le CEA fournira la version de Keycloak à utiliser au début du développement.
Le prestataire devra installer sur ces postes de développement Keycloak avec la bonne version pour réaliser ces requètes.

5.2 Technologies

- **Système d'exploitation Serveur** : Windows Server 2022 ou supérieur
- **Système d'exploitation Client** : Windows 10 ou supérieur
- **Cible de déploiement** : IIS 10 in process hosting
    - Déploiement sur Kubernetes => prévoir l'écriture des .yaml et de la Charte Helm par le prestataire
    - L'application doit également être conteneurisable, mais la configuration de la conteneurisation sera réalisée par le CEA => prévoir la livraison des Dockerfile et si nécessaire un DockerCompose par le prestataire
- **Outil de déploiement** : script de build (CI) et de déploiement (CD) à fournir sous Azure DevOps
- **Base de données** : SQL Server 2019 ou supérieur
- **Développement** :
    - Back-end : Python (dernière version LTS au moment de la réversibilité)
        - Logging : Serilog : le CEA a customisé ces librairies qui devront être utilisées (cf remarques ci-dessous)
    - Front-end : Angular (dernière version LTS au moment de la réversibilité) en utilisant la librairie PrimeNg
    - Versionning : Git
    - Serveur d'authentification : Keycloak
    - Analyse de code : SonarQube
    - Message bus : RabbitMQ : le CEA a customisé ces librairies, basées sur Mass transit, qui devront être utilisées (cf remarques ci-dessous)
- **Outil collaboratif** : Azure Devops ou Tuleap (documentation, EPIC, US et suivi de bug) : un projet sera créé par le CEA sur le réseau CEA pour le déploiement et le suivi de projet.
- **Infrastructure** : le développement se fera en local chez le prestataire avec des publications régulières sur le serveur de QUALIF hébergé au CEA.
  Des publications devront être réalisées sur les serveurs de QUALIF et de PROD hébergés au CEA. **Seule l'infogérance du CEA a accès à ces serveurs** (prévoir un délai pour les publications).
- **Utilisation de référentiels** : utiliser au maximum les web services existants (cf remarques ci-dessous). Si un web service devait être développé, un modèle existe et sera fourni par le CEA (écrit en .NET Core).
- **Navigateur web** : Microsoft Edge Chromium (à partir de la version 143.0.3650.139), Safari, Chrome

- **Export Excel** : openXML : l'utilisation de RabbitMQ sera un prérequis pour ne pas bloquer l'utilisation de l'application lors de l'export
- **PDF** : iText 7 : l'utilisation de RabbitMQ sera un prérequis pour ne pas bloquer l'utilisation de l'application lors de la génération du PDF
- **Envoi de mail** : la configuration devra être paramétrable pour être modifiée lors du déploiement en qualification et en production : l'utilisation de RabbitMQ sera un prérequis pour la gestion des envois de mail. Le protocole utilisé pour l'envoi des mails sera le SMTP

Remarques :

- Des documentations techniques associées aux librairies customisées par le CEA et aux API à simuler lors du développement seront fournies. Si ces documentations ne sont pas suffisantes, un accompagnement du CEA pourra être possible à la demande du prestataire. Celle-ci sera toutefois limitée dans le temps.
- Une ou plusieurs mises à jour des librairies fournies par le CEA pourront être demandées lors du développement de l'application afin d'être sur les dernières versions lors de la livraison finale.
- La configuration de ces libraires et API devra être prévue pour permettre un déploiement optimal sur les serveurs de QUALIF et de PROD hébergés au CEA.
- Afin de faciliter l'exploitation de l'application, un maximum de log devront être mis en place et facilement compréhensible. L'accès à l'application d'un utilisateur et les modifications des bases de données devront être tracés ainsi qu'une gestion des exceptions dans le code.
- L'utilisation de RabbitMQ devra être privilégiée lors du développement de l'application si des actions de l'utilisateur devaient l'empêcher de pouvoir utiliser l'application durant un temps trop long (de l'ordre de quelques secondes).
- Dans le cas où des packages/librairies spécifiques seraient utilisées lors du développement, le prestataire devra informer et faire valider ceux-ci par le CEA. **Le CEA se réserve le droit de refuser ceux-ci s'il estime qu'ils ne répondent pas à ses règles de sécurité informatique.**
- L'utilisation d'une **IA privée** est possible dans les différentes phases du projet (écriture des US, développement et tests)

5.2.1 Technologies — Conteneurisation Kubernetes

Système d'exploitation Serveur :

- AlmaLinux 8/9 ou RHEL 8/9 (info complètement transparente pour le prestataire)

Cible de déploiement : Kubernetes (Rancher)

- Rancher : **2.14.3** (info complètement transparente pour le prestataire)
- Kubernetes : compatibilité **1.28+ (pareil, info purement logique)**
- Ingress Controller en place : **Traefik**
- Prévoir la fourniture par le prestataire :
  - Manifestes Kubernetes .yaml
  - Chart Helm complet (values.yaml par environnement QUALIF/PROD/DEV le cas échéant)

- Dockerfiles

Outil de déploiement (CI/CD) :

- Pipelines Azure DevOps (build + push image vers **Harbor interne CEA** + déploiement Helm)
- Registre des images : **Harbor** (interne CEA)
- Argocd, en complément pour la syncro automatique (usage pas forcément imposé)

Base de données :

- Compatible kubernetes

Gestion des secrets :

- **Vault** (interne CEA)

Stockage persistant :

- StorageClass disponibles : **ontap-nas** et **ontap-san** (pour la haute performance)

Monitoring/Observabilité :

- **SUSE Observability** en place côté CEA
- Le prestataire peut proposer des métriques compatibles

5.3 Documentation des APIs

Les APIs de l'application doivent être formellement documentées et expliquées afin de permettre la consultation de la base de données par d'autres applications.
La mise en place d'un OpenAPI est obligatoire.

5.4 Qualité

Le prestataire devra garantir au CEA tout au long du développement et jusqu'à la fin de la phase de la garantie que :

- L'application est conforme aux spécifications techniques validées entre les parties,
- L'application est exempte de virus ou code malveillant,
- Le code a été réalisé à l'état de l'art des bonnes pratiques pour la sécurité informatique notamment conformément aux guides et référentiels mis à disposition par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI),
- Le code respecte le design pattern du développement objet,
- Le gestionnaire de code source est GIT avec intégration continue et branches du code source,
- La mise en place de SonarQube avec minimum 80% de couverture de test unitaire sur le code métier (les composants critiques*). Incluant la partie cyber avec les normes de sécurité, y compris pour les bibliothèques et frameworks utilisés. Le code devra en effet être exempt de vulnérabilités. Le CEA se réserve le droit d'auditer le code au cours du développement pour juger de sa pertinence et sa robustesse. La configuration de SonarQube sera celle définie par défaut par l'outil.
  * composants critiques = composants communs, composants complexes, composants primordiaux à l'application

6 Exigences de sécurité informatique

Le CEA est soumis à une Politique de Sécurité des Systèmes d'Information (PSSI CEA) transmise avec ce CDC (cf PSSI en Annexes).

Le CEA demandera aux prestataires d'utiliser au maximum les bases de références existantes et de les accéder via des Web Services. Si ces Web Services n'existent pas encore, il est demandé de mettre en place un code temporaire avec utilisation des vues actuelles, et d'anticiper un changement à terme par un appel à un Web Service (Web API REST).

Le PAS (Plan d'Assurance Sécurité) sera demandé uniquement au titulaire du contrat lors de la commande, et sera soumis à validation du RSSI CEA. Un modèle devra être fourni avec la réponse.

7 Organisation de la prestation

La prestation de développement de l'application PROSECO (prestation forfaitaire de base) se déroulera de façon itérative en s'inspirant le plus possible de la méthodologie Agile Scrum. Il est entendu qu'il s'agit d'une prestation forfaitaire avec un engagement de résultat.

7.1 Interlocuteurs du projet

Dès le début du marché, le CEA désignera un responsable du projet (chef de projet CEA).
De la même façon, coté prestataire, un responsable sera désigné.

L'équipe projet sera, idéalement, composée comme ci-dessous :

- Product Owner : le chef de projet STIC,
- Scrum Master : le chef de projet de la société prestataire,
- Designer UX/UI de la société prestataire,
- Un architecte et/ou lead technique interne au CEA qui aura un droit de regard sur le code et sa qualité,
- Développeurs :
  - Un architecte et/ou lead technique de la société prestataire,
  - Un ensemble de développeurs de la société prestataire,
- Un BA/testeur de la société prestataire qui sera en charge de la rédaction des US et SFD et qui sera garant de la conformité du fonctionnel de l'application par rapport aux US et SFD.

7.2 Déroulement de la prestation et livrables attendus

Le projet sera organisé en 6 phases :

1. Le sprint d'initialisation,
2. La phase de développement, les « N » sprints agiles à définir,
3. La phase de VABF (Vérification d'Aptitude au Bon Fonctionnement) ou phase de recette,

4. La phase de VSR (Vérification du Service Régulier),
5. La phase de garantie,
6. La phase de réversibilité (en option)

Le prestataire s'engage à conserver le niveau de compétence et de disponibilité requis pour assurer la prestation sur toute la durée du contrat.

7.2.1 Phase n°1 : Le sprint d'initialisation

Le sprint d'initialisation d'une durée maximale de 2 mois comprendra les aspects suivants :

- La définition de l'ergonomie et du design UI de la nouvelle application à travers des ateliers de Design UX/UI avec comme livrables des nouvelles maquettes avec les spécifications CSS et le brand book. Cette ergonomie pourra être améliorée au cours des sprints suivants.
- La définition de l'architecture logicielle et de déploiement orientée service optimale avec validation de l'architecte du STIC et des responsables exploitation. Cette architecture sera cohérente avec le design défini lors des ateliers de Design UX/UI.
- La mise en place des plateformes de travail sur Azure Devops/Tuleap et du pipeline de CI/CD.
- La mise en place de l'environnement de DEV chez le prestataire ainsi que la documentation pour anticiper les environnements de QUALIF et de PROD.
- La mise en place du product backlog sur Azure Devops/Tuleap comprenant le produit minimum viable et la release finale.

Livrables attendus pour le sprint d'initialisation :

- Les maquettes des écrans principaux, les spécifications CSS et le brand book permettant la compréhension globale de l'application et l'autonomie des développeurs pour appréhender des nouveaux écrans lors de la réalisation si cela est nécessaire.
- Les diagrammes de l'architecture logicielle et de l'architecture de déploiement orientée service optimale avec validation de l'architecte du STIC et des responsables d'exploitation. Cette architecture sera cohérente avec l'ergonomie définie lors des ateliers de Design UX.
- Les plateformes de travail opérationnelles : Azure Devops, gestionnaire de code source (GIT), intégration continue, SonarQube.
- L'environnement de DEV opérationnel.
- Le product backlog sur Azure Devops comprenant le produit minimum viable et la release finale.

7.2.2 Phase n°2 : Le développement de l'application

La phase de développement proprement dite d'une durée maximale de 6 mois ne pourra s'engager qu'après validation formelle par le CEA des livrables issue de la phase d'UX/UI Design et de l'architecture logicielle et technique de l'application.
Elle devra comporter des séances de démonstration/test avec les représentants du public cible à chaque itération.

Des phases de mises en qualification régulières seront planifiées. Le rythme de ses mises en qualification sera défini par l'équipe pour lui permettre d'être le plus efficace possible.
Dans le cadre d'un développement spécifique, pour chacune des mises en qualification, un rapport SonarQube (à la granularité du composant) sera fournie. En cas de non-respect des critères de couverture de test définis dans le paragraphe « Exigences Techniques », le prestataire s'engagera à respecter ces critères à la mise en qualification suivante sans surcoût.

Le CEA effectuera une recette pour chacune de ces mises en qualification. Cette recette consistera à :

- Vérifier que les critères d'acceptance des stories livrées sont respectés,
- Effectuer une non régression sur l'ensemble des autres fonctionnalités déjà livrées.

Les anomalies sont répertoriées en 3 catégories :

- Une **anomalie bloquante** est une non-conformité du livrable ou une atteinte à l'intégrité des données qui empêche de vérifier des fonctionnalités du système ou une régression,
- Une **anomalie majeure** est une non-conformité du livrable qui affecte une fonctionnalité majeure du système, qui empêche sa validation sans bloquer son utilisation,
- Une **anomalie mineure** est une non-conformité du livrable qui n'empêche pas de vérifier les fonctionnalités du système. Considérée par l'utilisateur comme un inconvénient (Application moins facile à utiliser par exemple).

Livrables attendus à chaque itération :

- Les packages de chaque composant,
- Le code source,
- Les éléments de test et de recette :
  - Le cahier de recette,
  - Les jeux de tests effectués avec les résultats obtenus,
  - Le pourcentage de couverture de test décliné par composant,
- Le dossier d'architecture technique (DAT),
- Le modèle de données,
- La liste des stories réalisées avec une démonstration,
- Les stories de l'itération précédente mises à jour suite à correction,
- La liste des bugs corrigés et ouverts,
- Le backlog prêt pour le prochain sprint, modulo quelques modifications de dernière minute suite à la démonstration.

Livrables attendus à chaque mise en qualification :

- Les packages de chaque composant,
- Le code source,
- Les éléments de test et de recette :

  - Le cahier de recette,
  - Les jeux de tests effectués avec les résultats obtenus,
  - Le pourcentage de couverture de test décliné par composant,
- Le dossier d'architecture technique (DAT),
- Les spécifications techniques,
- Le modèle de données,
- Le dossier d'installation :
  - Les scripts de build,
  - Les .yaml et la Charte Helm,
  - La procédure de déploiement,
  - Les scripts de création de base de données,
  - Les images de chaque composant ainsi que les scripts de déploiement,
- Le dossier d'exploitation (DEX),
- La liste des stories réalisées,
- La liste des stories mises à jour suite à correction,
- La liste des bugs corrigés et ouverts.

Livrables attendus à chaque mise en production :

- Les packages de chaque composant,
- Le code source,
- Les éléments de test et de recette :
  - Le cahier de recette,
  - Les jeux de tests effectués avec les résultats obtenus,
  - Le pourcentage de couverture de test décliné par composant,
- Le dossier d'architecture technique (DAT),
- Les spécifications techniques,
- Le modèle de données,
- Le dossier d'installation :
  - Les scripts de build,
  - Les .yaml et la Charte Helm,
  - La procédure de déploiement,
  - Les scripts de création de base de données,
  - Les images de chaque composant ainsi que les scripts de déploiement,
- Le dossier d'exploitation (DEX),
- Les spécifications fonctionnelles détaillées (SFD) dont la granularité sera la suivante :
  - Description des écrans et des règles fonctionnelles,
  - Description des droits et profils,
  - Description des workflows,
- La liste des stories réalisées,
- La liste des stories mises à jour suite à correction,
- La liste des bugs corrigés et ouverts.

7.2.3 Phase n°3 : La recette / VABF

Le CEA est responsable d'effectuer des phases de recette tout au long du projet sur l'environnement de QUALIF. La dernière release en qualification démarre la période de VABF, d'une durée prévisionnelle d'un mois, et sera testée par le client au CEA afin de prononcer la réception provisoire de l'application et de passer ensuite en phase de VSR.

La recette finale par le CEA permet de vérifier la conformité de la livraison aux exigences et critères d'acceptance spécifiées dans le product backlog.
Au moment de la livraison pour la recette finale, le prestataire a validé sur ses plateformes la bonne qualité de ses développements.
Un audit sur l'application concernant la qualité du code et la vérification de l'architecture logicielle et technique mise en place pourra être faite avant la mise en production. Dans le cas où la qualité du code et/ou les architectures mises en place ne répondent pas aux exigences demandées et/ou ne correspondent pas à ce qui avait été validé lors du sprint d'initialisation, des corrections devront être apportées pour se conformer à l'attendu (exigences et architectures). **Ces corrections seront à la charge du prestataire sans surcoût.**

Les délais de correction pour chaque type d'anomalie sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Type d'anomalie	Délai de correction (en jours ouvrés)
Bloquante	2
Majeure	5
Mineure	7

Le CEA se réserve le droit d'appliquer les pénalités suivantes en cas de délai non tenu :

Type d'anomalie	Pénalités
Bloquante	500 €
Majeure	250 €
Mineure	100 €

Livrables attendus pour la VABF :

- Les packages de chaque composant,
- Le code source,
- Les éléments de test et de recette :
  - Le cahier de recette,
  - Les jeux de tests effectués avec les résultats obtenus,
  - Le pourcentage de couverture de test décliné par composant,
- L'architecture logicielle - mise à jour le cas échéant,
- L'architecture technique - mise à jour le cas échéant,

- Le dossier d'architecture technique (DAT) comprenant :
  - Les langages utilisés et leurs versions,
  - Les bibliothèques et frameworks employés avec leurs versions,
  - Les dépendances logicielles et leurs versions,
- Les spécifications techniques,
- Le modèle de données,
- Le dossier d'installation :
  - Les scripts de build,
  - La procédure de déploiement,
  - Les scripts de création de base de données,
  - Les images de chaque composant ainsi que les scripts de déploiement,
  - La mise en place d'une version de l'application,
  - La méthode de récupération des packages et des dépendances nécessaires à l'installation de la solution,
- Le dossier d'exploitation (DEX),
- Les spécifications fonctionnelles détaillées (SFD),
- Les stories mises à jour suite à correction,
- La liste des bugs corrigés et ouverts,
- Fiche descriptive d'application : présentation succincte de l'application, des technologies et des briques techniques utilisées,
- Inventaire de données personnelles et registre de traitement de ces données,
- **Le bon de livraison** : document signé conjointement par le CEA et le prestataire qui valide la livraison et qui fait démarrer la période de VABF,
- **Le procès-verbal de VABF** (procès-verbal de recette) : document signé conjointement par le CEA et le prestataire qui conditionne le démarrage de la phase de VSR (Vérification de Service Régulier), et donc la mise en production.

Livrables attendus pour la livraison finale :

- Tout livrable de la VABF mis à jour suite à une modification/correction,
- Le product backlog à jour.

7.2.4 Phase n°4 : Le VSR

La phase de VSR d'une durée prévisionnelle d'un mois commence à la date de mise en service de l'application (mise en production finale) par le CEA et après la signature du procès-verbal de réception qui correspond au procès-verbal de VABF.

Si des anomalies apparaissent lors de la période de VSR, les délais de correction pour chaque type d'anomalie sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Type d'anomalie	Délai de correction (en jours ouvrés)
Bloquante	2
Majeure	5
Mineure	7

Le CEA se réserve le droit d'appliquer les pénalités suivantes en cas de délai non tenu :

Type d'anomalie	Pénalités
Bloquante	500 €
Majeure	250 €
Mineure	100 €

Le CEA signe le procès-verbal de réception en fin de VSR lorsque l'application est exempte d'anomalies. En cas d'un trop grand nombre d'itérations et d'anomalies sur cette période, le CEA pourra décider d'étendre la durée de la VSR. Cette extension ne donne le droit à aucune indemnisation de la part du CEA.

Toutes les anomalies remontées en phase de VSR doivent être corrigées pour que le procès-verbal de réception soit signé. **Les différents livrables devront être modifiés en fonction de ces anomalies.**

Livrables attendus pour la VSR :

- Les comptes rendus de rétrospectives et des comités de pilotage,
- Les supports de présentation et formation,
- **Le procès-verbal de réception**: document signé conjointement par le CEA et le prestataire qui clôt la phase de VSR et démarre la phase de garantie.

7.2.5 Phase n°5 : La phase de garantie

A la signature du PV de réception définitive, démarre une phase de garantie de **trois mois** qui couvre l'ensemble de la solution mise en œuvre dans le cadre de cette prestation.
Les délais de correction pour chaque type d'anomalie sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Type d'anomalie	Délai de correction (en jours ouvrés)
Bloquante	2
Majeure	5
Mineure	7

Le CEA se réserve le droit d'appliquer les pénalités suivantes en cas de délai non tenu :

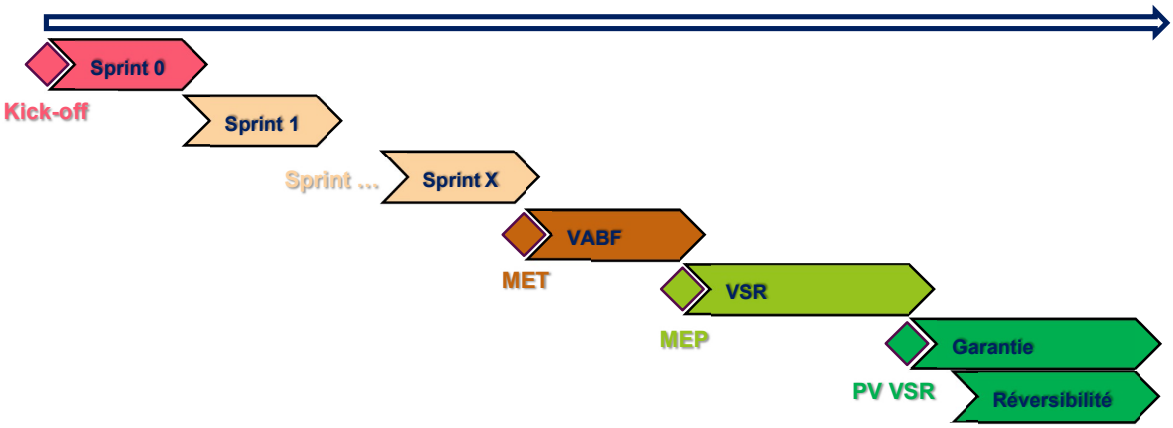
Type d'anomalie	Pénalités
Bloquante	500 €
Majeure	250 €
Mineure	100 €

Les différents livrables devront être modifiés en fonction des anomalies corrigées dans cette phase.

Livrables attendus pour la phase de garantie :

- La préparation de la phase de réversibilité et documents y afférant,
- Le suivi des corrections,
- Tous les livrables de la recette mis à jour pour réaliser et tracer les corrections,
- Toutes les données de suivi du projet et de la phase de garantie.

7.2.6 Planning



Exemple de planning

7.3 Instances de suivi

7.3.1 Réunion de démarrage

Une réunion de démarrage aura lieu, si possible, sur le site du CEA Grenoble en amont du sprint d'initialisation. Elle permettra de rencontrer l'équipe projet et d'aligner toutes les parties prenantes sur les objectifs, la méthode de travail et le cadre global.

7.3.2 Réunion de suivi

Des réunions de suivi seront mises en place pour suivre le projet et vérifier le bon fonctionnement de celui-ci.
La fréquence sera définie lors de la réunion de démarrage d'un commun accord entre le prestataire et le CEA.
Des réunions ponctuelles pourront aussi être mises en place en cas de nécessité.

7.3.3 Comité de pilotage

Le comité de pilotage a pour objectif de vérifier le bon déroulement du marché, en analysant la qualité et le niveau de service rendus. Le comité de pilotage aura lieu tous les 2 sprints. Une instance de ce comité peut être convoquée pour des situations d'urgence.

Les objectifs du comité de pilotage sont :

- Le suivi des réalisations,

- Le suivi du temps passé par rapport au temps estimé,
- Le contrôle des indicateurs :
  - Le rapport de couverture de test,
  - Le nombre d'anomalies par catégories,
  - Le nombre d'anomalies corrigées / en attente de correction / suspendues,
  - Le délai moyen de correction par catégorie d'anomalie,
  - Le nombre d'anomalies corrigées ou en attente de correction hors délais,
- Un échange sur d'éventuelles améliorations,
- Le pilotage et les prises de décisions en commun.

Ces réunions sont effectuées, si possible, sur le site du CEA Grenoble. Le prestataire communique au CEA 3 jours avant le comité de pilotage, le support de présentation. Un compte-rendu est rédigé par le prestataire à l'issue de chaque réunion, et communiqué au CEA pour validation, au plus tard, 3 jours ouvrés après la réunion.

7.4 Lieu de la prestation

Le développement se fera depuis les locaux de la société titulaire du marché **avec son propre matériel**.
Un ordinateur CEA sera fourni **uniquement** pour réaliser les déploiements et le suivi de projet (documentation, EPIC, US, suivi de bug …) en se connectant via le VPN sur le réseau CEA. Cet ordinateur ne pourra pas être utilisé pour faire du développement et il ne sera pas possible d'installer des logiciels sans la permission du CEA.

8 Prestations optionnelles

8.1 Option 1 : Phase de réversibilité au prestataire de TMMA

La maintenance sera assurée par les équipes TMMA du CEA réalisée par le prestataire en vigueur. Le titulaire du contrat devra prévoir une phase de transfert de compétences et éventuellement une extension de celle-ci vers cette équipe TMMA, il s'agit pour le titulaire du contrat de livrer l'application à jour (tous frameworks compris en LTS), les sources commentées, les cahiers de recettes et tout autre document utile à la compréhension et la reprise de l'application, il devra aussi se rendre disponible pour répondre à des questions techniques tout au plus une demi-journée.

La phase de transfert technique peut être décalée en fonction de disponibilités des équipes TMMA du CEA, la date de démarrage de l'option de transfert technique sera donc définie conjointement avec les équipes TMMA.

8.2 Option 2 : L'extension de garantie

Deux périodes de deux mois d'extension de garantie seront chiffrées en option. La garantie initiale de trois mois pourra ainsi s'étendre jusqu'à sept mois au total.
Les périodes d'extension de garantie seront soumises aux mêmes exigences que la période initiale de garantie en termes de délai de correction des anomalies.

9 Annexes

9.1 PSSI

Voir fichier joint avec le cahier des charges : RSSN-SSI-01-01.pdf