

Cahier des Charges

*Projet : Conception d'un outil d'expérimentation
de scénarios et de génération d'emploi du temps*

Arbaut Jean-Baptiste

Deschamps Kylian

Duez-Faurie Valentine

Eramil Kadir

Pilloud Aubry

Tropel Célia


Université Grenoble Alpes

Cahier des charges

Conception d'un outil d'expérimentation de scénarios et de génération d'emploi du temps

Les informations d'identification du document :

Les éléments de vérification du document :

Référence du document :		Validé par :	
Version du document :	2.02	Validé le :	
Date du document :	12/01/2025	Soumis le :	
Auteur(s) :	Arbaut Jean-Baptiste Deschamps Kylian Duez-Faurie Valentine Eramil Kadir Pilloud Aubry Tropel Célia	Type de diffusion :	Document électronique (.pdf)
Les éléments d'authentification :		Confidentialité :	
Maître d'ouvrage:	Aurélie Landry	Chef de projet :	
Date / Signature :	13/01/2025	Date / Signature :	
			

Sommaire

Sommaire.....	3
1. Introduction.....	4
2. Guide de lecture.....	6
2.1 Maîtrise d'ouvrage.....	6
2.1.1 Responsable.....	6
2.1.2 Utilisateur final.....	6
2.2 Maîtrise d'oeuvre.....	7
2.2.1 Cheffe de projet.....	7
2.2.2 Personnel technique : les étudiants.....	7
3. Concepts de base.....	8
4. Contexte.....	9
5. Historique.....	10
6. Description de la demande.....	11
6.1 Les objectifs.....	11
6.2 Produit du projet.....	11
6.3 Les fonctions du produit.....	12
6.4 Critères d'acceptabilité et de réception.....	12
7. Contraintes.....	14
7.1 Contraintes de coûts.....	14
7.2 Contraintes de délais.....	14
7.3 Contraintes matérielles.....	14
7.4 Autres contraintes.....	15
8. Déroulement du projet.....	16
8.1 Planification.....	16
8.2 Ressources.....	17
9. Annexes.....	19
10. Glossaire.....	37
11. Références.....	39
12. Index.....	40

1. Introduction

Ce cahier des charges constitue le premier document formel permettant de définir les contours du projet tout en posant les bases de sa gestion et de son évaluation globale. Il est structuré en plusieurs parties et sous-parties, chacune ayant un objectif spécifique.

- **Première partie : Guide de lecture**

Cette section est destinée à accompagner chaque partie prenante, qu'il s'agisse du commanditaire ou des maîtres d'œuvre, dans l'utilisation optimale de ce document.

- **Deuxième partie : Concepts de base**

Elle fournit les connaissances nécessaires pour interpréter correctement ce document et, plus largement, pour comprendre les fondamentaux du projet.

- **Troisième partie : Contexte**

Cette section décrit l'environnement du projet, les méthodologies de gestion utilisées, les enjeux pour le commanditaire, ainsi que les différents domaines explorés pour répondre aux objectifs fixés.

- **Quatrième partie : Historique**

Cette partie s'attache à détailler les aspects pédagogiques ayant conduit à la mise en œuvre du projet.

- **Cinquième partie : Description de la demande**

Elle regroupe les objets du projet et les esquisses des résultats attendus, une description générale du produit, une liste exhaustive des fonctionnalités prévues ainsi que les indicateurs permettant d'évaluer la satisfaction des objectifs du projet.

- **Sixième partie : Contraintes**

Cette section recense l'ensemble des contraintes liées au projet dans sa globalité, notamment en termes de coûts, d'échéances, de matériels requis, de normes d'utilisation et de protection des données.

- **Septième partie : Déroulement du projet**

Elle décrit les différentes phases du projet, ses étapes principales, ainsi que les ressources humaines et matérielles mises à disposition par le commanditaire.

- **Huitième partie : Annexes**

Cette section contient la liste des documents relatifs au projet fournis par le commanditaire.

- **Neuvième partie : Glossaire**

Ce glossaire regroupe les définitions des termes techniques et acronymes employés dans le cadre du projet.

- **Dixième partie : Références**

Elle compile les références à d'autres documents fournis ou créés dans le cadre du projet, susceptibles d'apporter des informations complémentaires.

- **Onzième partie : Index**

Enfin, cette dernière partie recense tous les documents mentionnés dans le projet, avec un résumé de leur contenu et leur localisation.

2. Guide de lecture

Ce guide de lecture vise à faciliter la compréhension et l'utilisation du document pour les différentes parties prenantes impliquées dans le projet de "Conception et réalisation de la mise en place d'un emploi du temps". Il détaille les sections pertinentes en fonction des rôles et des responsabilités des lecteurs.

2.1 Maîtrise d'ouvrage

2.1.1 Responsable

Représentée par Mme. Landry (et cheffe de projet).

- Consultez l'ensemble des sections pour assurer une compréhension globale des attentes, des contraintes et des phases du projet.
- Veillez particulièrement à la section "Description de la demande" pour garantir l'adéquation entre les besoins identifiés et les livrables proposés.

2.1.2 Utilisateur final

Représenté par M. Laffond Jérôme, directeur d'un collège.

Vous pouvez consulter l'entièreté du document pour vous informer sur le projet dans sa globalité.

Référez-vous particulièrement aux sections suivantes :

- Concepts de base : pour comprendre les fondements du solveur et son fonctionnement.
- Contraintes : pour vérifier que les spécificités de l'établissement sont correctement prises en compte.
- Annexes : pour consulter les données fournies et les documents complémentaires.

2.2 Maîtrise d'oeuvre

2.2.1 Cheffe de projet

Représentée par M. Pellier Damien.

Utilisez les sections suivantes pour valider l'alignement du projet avec les objectifs pédagogiques :

- Les fonctions du produit : pour vérifier que toutes les fonctionnalités attendues sont couvertes.
- Critères d'acceptabilité et de réception : pour vous assurer que les critères de satisfaction sont bien définis.

Suivez également les avancées via les outils collaboratifs mentionnés dans la section Ressources.

2.2.2 Personnel technique : les étudiants

Durant la phase de développement :

- Appuyez-vous sur les sections Contraintes et Déroulement du projet pour prioriser les fonctionnalités et respecter les exigences techniques.
- Utilisez les Annexes pour tester vos développements avec des données réalistes.

Durant la phase de documentation :

- La rédaction du guide utilisateur et des documents techniques doit suivre les indications de la section Documentation.

Durant la phase de recette :

- Consultez le Cahier de recettes pour vous assurer que toutes les fonctionnalités sont validées conformément aux attentes.

3. Concepts de base

Dans cette partie nous allons préciser les concepts de base nécessaires à la compréhension du document. Notre projet a pour objectif la conception d'un outil de génération d'emploi du temps sous contraintes et de tester des scénarios d'optimisation.

D'après nos échanges avec M. Laffond Jérôme, directeur d'un collège, pour qu'un emploi du temps soit considéré comme satisfaisant il doit au minimum répondre aux impératifs d'horaires, de salles, de programme (nombre d'heures de chaque matière attendu) et des professeurs. Ensuite, il doit limiter au maximum le nombre d'heures de permanence. D'autres contraintes peuvent être appliquées, notre objectif est de donner la possibilité de les tester.

Pour répondre à notre demande, nous utiliserons un *algorithme*, appelé "*Solveur*", capable de trouver *des solutions* en fonction de *contraintes fortes et/ou faibles*. Les objectifs de l'outil seront de répondre à un maximum de contraintes pour chaque solution et de permettre de tester des *scénarios* de contraintes.

Notre outil utilisera des données provenant d'une *base de données*, que nous aurons conçue. Il est donc important d'identifier l'architecture de la base et les données nécessaires en amont.

Des *interfaces* seront réalisées pour interagir avec l'outil comme pour la sélection des contraintes à appliquer, ou l'ajout de données dans la base de données.

4. Contexte

Dans le cadre de notre première année de Master MIASHS (Mathématiques et Informatique Appliquées aux Sciences Humaines et Sociales), parcours Informatique et Cognition, à l'Université Grenoble Alpes, nous devons mener un projet sur l'année, appelé "TER". Ce projet vise à nous plonger dans une situation concrète impliquant des commanditaires, des attentes et des enjeux spécifiques. M. Pellier Damien supervise tous les étudiants dans leurs TER.

Notre projet s'intitule "Conception d'un outil d'expérimentation de scénarios et de génération d'emploi du temps", nous sommes deux groupes de trois étudiants :

- Groupe 1 : M. Deschamps Kylian, Mme. Duez-Faurie Valentine et M. Eramil Kadir.
- Groupe 2 : M. Arbaut Jean-Baptiste, M. Pilloud Aubry et Mme. Tropel Célia.

Ainsi, nous pourrions espérer la réalisation d'un outil dans son entièreté et dont l'utilisation est possible dès la fin du projet TER. Être six nous permet aussi de partager les tâches par petits groupes.

Mme. Landry Aurélie est la commanditaire et Cheffe de projet, c'est elle qui a déposé la demande de ce sujet de TER, qui nous suit tout le long du projet et qui nous a présenté à M. Laffond Jérôme, le directeur du collège. Étant responsable de la conception des emplois du temps de son collègue actuel mais également celui de son précédent poste, M. Laffond nous permet d'avoir un regard expert sur lequel s'appuyer pour notre projet. Lors d'une première réunion de prise de contact, nous avons identifié les enjeux et contraintes de la conception d'un emploi du temps avec ce dernier, puis il nous a fourni une base de données anonymisée qui nous servira d'exemple pour nos tests. L'outil devra être général pour être utilisable par plusieurs établissements, ce qui nous permet plus de liberté d'architecture et d'interface, conduisant ainsi à ne pas solliciter M. Laffond.

5. Historique

En septembre 2024, Mme. Aurélie Landry, professeur d'ergonomie, a proposé un sujet aux étudiants de notre formation à la demande de M. Damien Pellier, le professeur d'informatique encadrant les projets de TER. Le sujet s'intitulait au départ "création d'emplois du temps pour un collègue" puis "Conception et réalisation de la mise en place d'un emploi du temps". Nous avons ensuite longuement échangé sur les objectifs réels du projet : créer un outil exploratoire permettant de générer un emploi du temps optimal pour un collègue. Nous avons comme piste de reprendre l'interface de l'outil existant pour éviter la confusion ou bien de créer un tout nouvel outil bien plus général. Cet outil sera à destination de plusieurs établissements et permettra de tester différents scénarios de contraintes paramétrés par l'utilisateur.

6. Description de la demande

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à la demande. Dans un premier lieu nous décrirons les objectifs puis l'outil final attendu, ses fonctionnalités et pour finir les critères d'acceptabilité (et de réception).

6.1 Les objectifs

L'objectif final de notre projet est de développer un outil permettant de générer des emplois du temps pour un établissement scolaire (collège) en prenant en compte les contraintes des élèves, des enseignants, de l'environnement de travail et des modalités de cours. Toutes les contraintes devront être stockées dans une base de données. Cet outil doit offrir la possibilité de tester différents scénarios de contraintes dont des contraintes nouvelles que l'on ne retrouve pas sur des logiciels de création d'emploi du temps classique. Puis de choisir parmi les solutions proposées un emploi du temps, de l'exporter pour pouvoir ensuite l'exploiter sur un outil de gestion quotidienne comme le logiciel "Monoposte" d'Index Education qui est actuellement utilisé par le collège que nous avons en exemple.

6.2 Produit du projet

Notre outil permettra de créer des emplois du temps pour des établissements scolaires comme un collège suivant des scénarios de contraintes. L'utilisateur commencera donc par importer, saisir ou modifier ses contraintes via une interface, puis saisir celles qu'il souhaite tester et lancer la génération de l'emploi du temps

Le solveur doit permettre d'obtenir l'emploi du temps le plus optimisé suivant les contraintes sélectionnés et le poids de ces dernières. Ainsi il peut être amené à fournir plusieurs solutions en fonction des poids et donc de la prise en compte plus ou moins forte de certaines contraintes. L'outil doit permettre à l'utilisateur de modifier sa sélection de contraintes suivant les résultats obtenus pour réaliser plusieurs scénarios.

L'outil doit aussi permettre de visualiser les emplois du temps générés et donner des indications sur leurs pourcentages de complétion (exemple : nombre de cours non positionnés en raison de conflits de contraintes fortes, quelle condition est la plus restrictive, etc.) afin de permettre potentiellement des affinements.

L'utilisateur pourra ensuite choisir ce qui lui convient le plus et exporter l'emploi du temps sélectionné pour une utilisation sur un logiciel de gestion d'emploi du temps. Les contraintes qui peuvent être exploitées par le logiciel devront aussi être exportées.

6.3 Les fonctions du produit

Le produit final devra comporter plusieurs fonctionnalités :

- La généralisation de l'outil pour différents établissements implique une interface d'authentification pour chaque collège, lycée, école d'enseignements supérieurs, université...
- L'import ou la saisie, modification et suppression de contraintes dans la base données : l'utilisateur doit être libre dans l'utilisation de l'outil, de ce fait, la base de données doit pouvoir être complétée ou modifiée directement par ce dernier.
- La sélection des contraintes à appliquer et la gestion de leur importance (forte, moyenne ou faible) : afin de tester différents scénarios.
- La création d'emploi du temps avec ses contraintes : cette partie utilise le solveur (l'algorithme) que nous avons choisi et que l'on aura adapté à nos besoins, il est nécessaire que le temps de calcul soit le plus raisonnable possible.
- L'exportation de l'emploi du temps : pour une utilisation sur un logiciel de gestion quotidienne d'établissement (partage aux professeurs et élèves, modification en cas de problèmes / absences). Le format de fichier le plus utilisé pour les emplois du temps est le ".edt", nous exporterons vers ce format pour être exploitable par un maximum de logiciel par la suite. Les contraintes qui sont supportées par les logiciels de gestion d'emploi du temps devront elles aussi être exportées.

6.4 Critères d'acceptabilité et de réception

En premier lieu, l'emploi du temps doit respecter le programme national, en contenant le nombre d'heures défini par celui-ci par niveaux, matières et semaines. Il doit respecter la liste des contraintes obligatoires (Annexe) comme les dates de vacances scolaires, les horaires de début et de fin, la capacité des salles, ou encore les indisponibilités des professeurs.

A ce jour, il n'y a pas de critère officiel pour définir la qualité d'un emploi du temps, cela reste de l'appréciation et de la subjectivité. C'est pour cela que notre outil vise à tester des

scénarios de contraintes dont des contraintes non prises en compte à ce jour par les outils classiques de création d'emplois du temps. Néanmoins, grâce à l'expérience de M. Laffond, principal du collège , nous pouvons dire qu'un outil satisfaisant d'emploi du temps complète à 90-100% un emploi du temps pour des contraintes classiques. C'est-à-dire que 0 à 10 % des cours restent à placer manuellement (ou via un second traitement). Nous savons aussi qu'aujourd'hui les outils de création d'emplois du temps compte environ 1h pour générer une solution pour un établissement comme celui de .

Pour l'export de l'emploi du temps, il doit avoir un format adapté aux logiciels de gestion d'emplois du temps c'est-à-dire un ".edt". Un deuxième export doit être réalisé, pour permettre d'exporter les contraintes que les logiciels de gestion d'emploi du temps peuvent prendre en compte.

Dans un dernier temps, au niveau des interfaces, en dehors du respect des critères d'ergonomie, l'outil doit être utilisable par tous utilisateurs et ayant des logiciels de gestion d'emplois du temps différents. Nous sommes donc libres sur l'interface.

7. Contraintes

7.1 Contraintes de coûts

Pour ce projet TER, nous n'avons pas de budget prévu. De ce fait, nous avons choisi un solveur et une base de données libres de droit et donc gratuits.

7.2 Contraintes de délais

Nous avons plusieurs contraintes de délais, d'une part liées à la formation, d'autre part liées à M. Laffond et à la période de réalisation des emplois du temps par les établissements.

Dans un premier temps, le cahier des charges version final devra être restitué le lundi 13 janvier 2025, soit une semaine avant la date de soutenance qui est le 20 janvier 2025. La date de fin de notre TER est fixée quant à elle au 20 juin 2025.

D'autre part, M. Laffond étant très pris, nous ne souhaitons pas le sursolliciter, nous avons donc réalisé une réunion avec lui pour qu'il nous explique son processus de création d'emploi du temps et qu'il nous éclaire sur les critères pris en compte dans la création d'un établissement. Il nous a ensuite fourni une base de données afin de nous permettre de tester notre outil avec des données concrètes et potentiellement que M. Laffond puisse rapidement savoir si nos solutions sont satisfaisantes vis-à-vis des données de départ.

Dans un dernier temps, généralement, les établissements attendent d'avoir tous leurs effectifs d'élèves (à l'exception près) et les classes, ainsi que la fin d'année scolaire, pour créer leur emploi du temps. De ce fait, le processus de création d'emplois du temps à lieu en juillet (entre début et mi-juillet).

De ce fait, la date de livraison du produit n'est pas limitée par les établissements scolaires mais par la date de fin du projet fixée au 20 juin 2025.

7.3 Contraintes matérielles

Le produit final ne nécessite qu'un matériel minimal pour fonctionner. Un ordinateur est indispensable pour exécuter l'outil, saisir les contraintes, générer les emplois du temps et

exporter les résultats. Cet ordinateur doit disposer de performances suffisantes pour traiter les calculs du solveur de manière fluide, sans provoquer de ralentissements ou de dysfonctionnements. Enfin, un logiciel compatible avec le format d'exportation des emplois du temps est nécessaire pour visualiser et exploiter les résultats générés ensuite comme "Monoposte" d'Index Education.

7.4 Autres contraintes

En dehors des contraintes matérielles, plusieurs autres éléments doivent être pris en compte dans le cadre du projet :

1. Le respect du programme national : Le produit devra garantir la conformité avec les exigences pédagogiques, notamment le nombre d'heures par matière, par niveau et par semaine. Il devra également être en capacité de s'adapter à des jours spéciaux, comme par exemple une journée dans la semaine dédiée aux sciences.
2. La conformité au RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données) : L'utilisation des données du collège devra respecter les normes en matière de protection des données personnelles. Pour cela, nous utiliserons des données anonymisées pendant le développement du projet, et ces données seront supprimées à la fin du processus.
3. La compatibilité avec les systèmes existants : L'outil doit être compatible avec les logiciels déjà utilisés dans l'établissement, comme "Monoposte" d'Index Education ou d'autres outils similaires. Cela inclut l'intégration des formats d'import/export et la possibilité d'interagir avec des bases de données existantes.
4. L'ergonomie et accessibilité : Les interfaces graphiques doivent être intuitives et accessibles à des utilisateurs ayant peu de compétences techniques en informatique.
5. La fiabilité et robustesse : Le système doit être capable de gérer des volumes de données importants (nombreux élèves, enseignants et contraintes) sans erreurs ni dysfonctionnements.
6. Contraintes temporelles : Le produit devra respecter un délai de calcul raisonnable pour générer des emplois du temps, afin de répondre aux besoins de l'utilisateur dans un cadre opérationnel réaliste.

Ces contraintes techniques et juridiques constituent des éléments essentiels à intégrer pour assurer la qualité et la conformité du produit final.

8. Déroulement du projet

8.1 Planification

Nous avons commencé ce projet par une phase d'introduction qui nous a permis de mieux comprendre ses objectifs et son contexte. Pour cela, nous avons d'abord découvert les grandes lignes du projet et mis en place une gestion de projet structurée ainsi qu'une organisation générale entre les étudiants. Une fois ces bases établies, nous avons pris contact avec le commanditaire et un représentant des utilisateurs futurs, ce qui nous a permis de mieux cerner leurs attentes et d'identifier les points essentiels à traiter. Ensuite, nous avons analysé l'outil actuellement utilisé par le collège ainsi que les algorithmes de gestion de contraintes existants, afin de poser des bases techniques solides pour la suite. Nous nous sommes aussi renseignés sur les bases de données que nous pouvons utiliser pour ce projet ainsi que sur les solvers.

Dans un second temps, nous avons travaillé sur la création du cahier des charges. Ce document a été conçu pour clarifier et cadrer précisément les besoins fonctionnels et techniques. Après sa rédaction, nous allons présenter son contenu de manière orale, ce qui va nous permettre de valider les orientations prises et de répondre aux éventuelles interrogations des parties prenantes.

La phase en parallèle de la précédente a été dédiée à l'élaboration du cahier de recettes. Ce document est crucial pour garantir que toutes les fonctionnalités développées respectent les attentes initiales. Il définit les tests à effectuer et les résultats attendus pour chaque étape du projet, ce qui nous permet d'assurer une validation rigoureuse tout au long du processus.

Une fois ces bases posées, nous passerons au développement. Cette étape implique l'adaptation de l'algorithme existant aux besoins spécifiques identifiés lors des phases précédentes. Nous allons également concevoir les interfaces utilisateur, en mettant l'accent sur l'ergonomie et la simplicité, pour que l'outil soit accessible à tous, quel que soit leur niveau d'expérience ou les logiciels qu'ils utilisent déjà.

Nous prendrons également soin de rédiger un guide utilisateur dans le cadre de la phase de documentation. Ce guide a pour objectif de faciliter la prise en main de l'outil, en proposant des explications claires et accessibles sur son fonctionnement.

Enfin, le projet se conclura par une présentation finale. Ce moment sera l'occasion de démontrer les résultats obtenus, de partager les solutions mises en place et de discuter des perspectives d'utilisation future avec le commanditaire et les autres parties intéressées.

Pour résumer cela, voici le tableau récapitulatif des étapes du projet :

Phases	Etapes
Introduction du projet	<ul style="list-style-type: none"> - Découverte du projet. - Mise en place de la gestion de projet et de l'organisation générale. - Prise de contact avec le futur utilisateur potentiel. - Analyse de l'outil actuel du collège. - Analyse des algorithmes de gestion de contraintes existants. - Tests de solveurs existants - Analyse de l'outil EDT existant - choix de la base de données.
Création du Cahier des Charges	<ul style="list-style-type: none"> - Cahier des charges. - Présentation orale.
Création du Cahier de recettes	<ul style="list-style-type: none"> - Cahier de recettes.
Création du Plan de Développement	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de développement.
Développement	<ul style="list-style-type: none"> - Création de la base de données et de son architecture. - Adaptation de l'algorithme. - Développement des interfaces.
Documentation	<ul style="list-style-type: none"> - Guide utilisateur.
Présentation	<ul style="list-style-type: none"> - Présentation finale.

8.2 Ressources

Pour mener à bien ce projet, un futur utilisateur potentiel, nous a fourni des ressources humaines et matérielles essentielles. Ces éléments nous ont permis de travailler avec des données concrètes.

Tout d'abord, M. Laffond nous a transmis des données précises sur des élèves et un collège. Ces informations ont été cruciales pour comprendre la structure d'un établissement, des

effectifs, des niveaux scolaires et des spécificités des classes. Elles constituent une base solide pour tester notre outil dans des conditions réalistes. Nous avons aussi reçu les contraintes des professeurs, notamment leurs préférences en matière d'emploi du temps, leurs disponibilités et les particularités liées à leurs disciplines. Ces contraintes devront être intégrées dans l'algorithme afin encore une fois de tester notre outil avec des données concrètes et dont la quantité est réaliste.

Enfin, M. Laffond nous a également partagé des informations sur le logiciel actuellement utilisé par le collège, incluant son fonctionnement, ses limites et les données qu'il génère. Ces éléments nous aideront à concevoir une solution compatible avec les pratiques existantes et à simplifier une éventuelle transition.

9. Annexes

1. Exemple fourni par M. Laffond des effectifs par niveaux :

a. Effectifs globaux par niveaux :

Effectifs Rentrée 2023			
Classes	Nombre d'élèves	Nombre de divisions	Moyenne
6e	64	3	21,33
5e	77	3	25,67
4e	60	3	20,00
3e	72	3	24,00
Total	273	12	22,75

b. Effectifs détaillés du niveau 6ème :

NIVEAU 6e				
Options / Spécialités	6e A	6e B	6e C	Total
Escalade	6	/	/	6
Non Escalade	15	21	22	58
Total	21	21	22	64

c. Effectifs détaillés du niveau 5ème :

NIVEAU 5e				
Langues	Effectifs			
ESP	50			
ITA	27			
\	5e A	5e B	5e C	Total
ESP	11	26	13	50
ITA	14	/	13	27
Total	25	26	26	77
Commentaires	EspIta	Esp	EspIta	/
Groupes	Classe(s)	Effectifs		
5ESP2GrAC	5e A + 5e C	24		
5ITAGrAC	5e A + 5e C	27		
5ESP1	5e B	26		
Escalade	5e A	6		

Nous n'avons pas le détail des effectifs de l'option Latin, qui débute en 5ème ni sur les langues étudiées par les élèves du groupe Escalade.

d. *Effectifs détaillés du niveau 4ème :*

NIVEAU 4e				
Langues	Effectifs	Dont Latin		
ESP	41	6		
ITA	19	2		
\	4e A	4e B	4e C	Total
ESP	11	5	19	35
ESP LCA		6	/	6
ITA	10	7	/	17
ITA LCA		2	/	2
Total	21	20	19	60
Commentaires	<i>EspIta</i>	<i>EspItaLCA</i>	<i>Esp</i>	<i>/</i>
Groupes	Classe(s)	Effectifs		
4ESP2GrAB	4e A + 4e	22		
4ITAGrAB	4e A + 4e	19		
4ESP1	4e C	19		
4BPPO	4e B	10		
4Bnon PPO	4e B	10		
4LCA	4e B	8		
Escalade	4e A	6		

Nous n'avons pas d'informations sur le nombre d'élèves qui sont dans les groupes "4BPPO" et "4LCA" en même temps ou dans les groupes "4Bnon PPO" et "4LCA". Dans un second temps, nous n'avons pas d'informations sur les langues étudiées par les élèves du groupe d'escalade.

e. Effectifs détaillés du niveau 3ème :

NIVEAU 3e				
Langues	Effectifs	Dont Latin		
ESP	44	6		
ITA	28	1		
Total	72	7		
\	3eA	3eB	3eC	Total
ESP	6	8	24	38
ESP LCA	4	2	/	6
ITA	13	14	/	27
ITA LCA	1	/	/	1
Total	24	24	24	72
Commentaires	EspltaLCA	EspltaLCA	Esp	/
Groupes	Classe(s)	Effectifs		
3ESP1	3e C	24		
3ESP2Gr AB	3e A + 3e B	20		
3ITA1	3e A + 3e B	28		
3BPPO	3e B	10		
3BnonPPO	3e B	14		
3LCA	3e A + 3e B	7		
Escalade	3e A	6		

Nous n'avons pas d'informations sur le nombre d'élèves qui sont dans les groupes "3BPPO" et "3LCA" en même temps ou dans les groupes "3Bnon PPO" et "3LCA". Dans un second temps, nous n'avons pas d'informations sur les langues étudiées par les élèves du groupe d'escalade. Nous avons retrouvé dans la base de données des groupes qui ne sont pas identifiés dans les tableaux ci-dessus : "3CP.1", "3CP.2", "3FRANCGR.1".

2. Liste des contraintes des matières, fournie par M. Laffond :

- Toutes les matières ont la même contrainte : un cours ne peut pas être placé 2 fois dans la même journée si ce n'est pas consécutif (exemple : en première heure de cours et en dernière heure de cours).

3. Liste des contraintes des professeurs, fournie par M. Laffond :

Contraintes globales :

- Si aucune précision n'est faite, la pause déjeuner est de 12h35-14h05.
- Si aucune précision n'est faite, le nombre d'heures d'intervalle entre 2 cours tolérés est de 2.
- Si aucune précision n'est faite, les horaires sont ceux de l'établissement (8h-17h05).

Détails par professeurs :

- AB professeur d'Anglais :
 - Pas cours : tous les lundis et après 16h15.
- BC professeur d'EPS :
 - Pas cours : après 17h05.
- CD professeur Arts plastiques :
 - Pas cours : mercredi, jeudi, vendredi et après 17h05.
- DE professeur Histoire-Géographie :
 - Absence optionnelle : vendredi matin.
 - Pas cours : vendredi après-midi et après 17h05.
- EF professeur Mathématiques :
 - Absence optionnelle : lundi, mardi et vendredi à partir de 16h15, jeudi à partir de 17h05.
 - Pas cours : mercredi matin, jeudi de 11h40-13h05.
- FG professeur Français :
 - Pas cours : lundi 8h35-9h30, mardi matin et après 17h05.
 - Le nombre d'heures d'intervalle entre deux cours toléré est de 1.
- GH professeur Techno :
 - Pas cours : mercredi matin, vendredi entier et après 17h05. Ni le mardi après 16h15.
- HI professeur Français :
 - Absence optionnelle : jeudi matin, vendredi après-midi.
 - Pas cours : après 17h05.
- IJ professeur Espagnol :
 - Pas cours : lundi matin, mercredi matin et après 17h05.
- JK professeur Français :
 - Pas cours : lundi matin.
 - Absence optionnelle : jeudi matin.
- KL professeur Anglais :
 - Pas cours : mercredi matin et après 16h15.

- LM professeur EPS :
 - Aucune contrainte spécifique.
- MN professeur Français :
 - Pas cours : vendredi après-midi et après 17h05.
 - De préférence : placer les cours le matin.
- NO professeur Français :
 - Pas cours : mercredi matin et après 17h05.
 - Absence optionnelle : lundi entier.
- OP professeur SVT :
 - Pas cours : après 17h05.
- PQ professeur Mathématiques :
 - Aucune contrainte.
- QR professeur Physique-Chimie :
 - Pas cours : après 17h05.
 - Le nombre d'heures d'intervalle entre deux cours toléré est de 1.
- RS professeur Histoire-Géographie :
 - Pas cours : mardi entier, mercredi entier et après 17h05.
- ST professeur Éducation musicale :
 - Pas cours : mercredi matin, vendredi entier, jeudi après-midi.
 - Pas cours : lundi, mardi, jeudi de 8h35-9h30, après 17h05.
- TU professeur Italien :
 - Pas cours : lundi entier, vendredi entier, mercredi matin et après 17h05.
 - Le nombre d'heures d'intervalle entre deux cours toléré est de 1.
- UV professeur EPS :
 - Aucune contrainte.
- VW professeur Mathématiques :
 - Pas cours : mercredi matin et après 17h05.
 - Absence optionnelle : lundi, mardi, jeudi, vendredi de 8h35-9h30.

Nous n'avons pas d'informations sur les souhaits des professeurs en terme de durée de leur cours : 1h, 1h30 ou 2h.

4. *Liste des contraintes des classes et groupes d'élèves, fournie par M. Laffond :*

Contraintes globales :

- Si aucune précision n'est faite, la pause déjeuner est de 12h35-14h05.

- Si aucune précision n'est faite, le nombre d'heures de permanence entre 2 cours tolérés est de 2.
- Si aucune précision n'est faite, les classes et groupes d'élèves n'ont pas cours le mercredi après-midi et finissent à 17h05 tous les jours.
- Les classes ou groupes d'élèves commencent au minimum à l'heure de 8h.

Détails par classes :

- 3A :
 - Aucune contrainte.
- 3B :
 - Aucune contrainte.
- 3C :
 - Aucune contrainte.
- 4A :
 - Pas cours : lundi 11h40-12h35.
- 4B :
 - Pas cours : lundi 11h40-12h35.
- 4C :
 - Pas cours : lundi 11h40-12h35.
- 5A :
 - Pas cours : jeudi 11h40-12h35.
- 5B :
 - Pas cours : jeudi 11h40-12h35.
- 5C :
 - Pas cours : jeudi 11h40-12h35.
- 6A :
 - Pas cours : vendredi 11h40-12h35.
- 6B :
 - Pas cours : vendredi 11h40-12h35.
- 6C :
 - Pas cours : vendredi 11h40-12h35.

Voici les détails par groupes que nous avons pu recueillir :

- 3BNONPPO :

- Aucune contrainte.
- 3BPPO :
 - Aucune contrainte.
- 3CP.1 :
 - Peut avoir cours : mercredi après-midi.
- 3CP.2 :
 - Peut avoir cours : mercredi après-midi.
- 3ESP2GR.1 :
 - Aucune contrainte.
- 3FRANCGR.1 :
 - Aucune contrainte.
- 3ITA2GR.1 :
 - Aucune contrainte.
- 4B_NON PPO :
 - Pas cours : lundi 11h40-12h35.
- 4B_PPO :
 - Pas cours : lundi 11h40-12h35.
- 4ITA2GR.1 :
 - Pas cours : lundi 11h40-12h35.
- 4ITA2GR.2 :
 - Pas cours : lundi 11h40-12h35.
- 4LCALAGR.1 :
 - Pas cours : lundi 11h40-12h35.
- 5ESP2GR.1 :
 - Pas cours : jeudi 11h40-12h35.
- 5ITA2GR.1 :
 - Pas cours : jeudi 11h40-12h35.

Nous n'avons pas d'informations sur les groupes d'escalades, nous savons seulement que le cours d'escalade est le vendredi après-midi ce qui engendre l'absence de cours pour les autres élèves de la classe.

Il n'y a pas d'information sur d'autres groupes de 6ème, 5ème, 4ème, 3ème, que ce soit des groupes de niveaux, de tutorat, etc.

Chaque cours nécessite la présence d'une salle, d'une classe ou d'un groupe et d'un professeur.

5. *Liste des contraintes des salles, fournie par M. Laffond :*

- Toutes les salles sont disponibles à toutes heures.
- Certains professeurs sont affectés à des salles.

Nous n'avons pas d'informations précises pour les salles et leur nombre. nous savons qu'il y a trois classes qui peuvent être dans le gymnase en même temps (les salles sont notées : "Gymnase 1", "Gymnase 2" et "Gymnase 3"). Il y a des cours de piscine. La salle 201 est la salle de musique, la salle 203 est une salle de SVT, la salle 205 est une salle de sciences physiques, la salle 206 est une salle d'arts plastiques. Il y a deux salles de technologie, une salle d'informatique, une salle d'étude, une salle de réunion et une salle polyvalente avec une capacité de 50 places). Nous n'avons pas d'informations sur la capacité des salles.

6. *Liste des contraintes obligatoires (fortes) que nous avons répertoriées :*

- Heure de début et fin des cours ainsi que les récréations et le temps de pause déjeuner, dans notre collège d'exemple :
 - Début minimum : 8h35
 - Récréation du matin : 10h25-10h40
 - Midi : 12h30 -14h ou 11h30-13h
 - Récréation de l'après-midi : 15h50-16h05
 - Fin maximum : 17h
 - Mercredi après-midi de libre.
- Certaines classes ou niveaux ne doivent pas avoir cours à certains moment :
 - Exemple : les 6ème n'ont pas cours le mercredi dans le collège.
- Organisation des cours sous forme de trimestres, respect des vacances scolaire, des jours fériés et des week-end, ainsi que du nombre d'heures par matières, semaines et niveaux (programme national).
- Capacité des salles et effectifs par classe.
- Capacité des salles d'études.
- Nombre de classes.
- Journées particulières dédiées à des activités :
 - Exemple : Journée de sciences pour un niveau en particulier.
- Nombre d'enseignants. Nombre d'heures que les enseignants peuvent réaliser dans l'établissement. Indisponibilités des profs quand ils sont sur un autre établissement ou indisponibles.

- Classes / section particulière :
 - Exemple : Section sport : le sport est le vendredi après-midi et les autres élèves de la classe finissent à midi).
- Options supplémentaires :
 - Exemple : latin, L3...
- Salles spécifiques à des matières : pour les sciences, la technologie, la musique et l'art plastique.
- Cours en demi groupes ou en groupe (où les classes peuvent être partagées) :
 - Exemple : pour les classes de langues, groupes de besoins...

7. Analyse d'un outil de création et gestion d'emploi du temps :

En prenant pour exemple un collège spécifique, nous avons réalisé une analyse de leur outil. Ce dernier est Monoposte d'Index Éducation c'est un logiciel spécifiquement conçu pour aider les établissements scolaires à créer et gérer leurs emplois du temps suivant un ensemble de contraintes. Cet outil se distingue par son approche intuitive et ses nombreuses fonctionnalités.

a. Interface utilisateur nécessitant une prise en main

Monoposte propose une interface utilisateur intuitive pour quelqu'un de familier avec ce type de logiciel mais la prise en main est plus difficile pour des personnes (comme les étudiants du projet) n'ayant jamais utilisé d'outil de création et de gestion d'emploi du temps. M. Laffond, expliquait qu'en dehors de la documentation en ligne ou des livres, il existe des vidéos Youtube réalisées par des utilisateurs pour aider à prendre en main l'outil. [Voici un exemple de chaîne Youtube](#).

Les utilisateurs peuvent naviguer entre les différents menus pour définir leurs paramètres de base, comme les horaires, les classes, les enseignants et les salles. L'affichage graphique de l'emploi du temps permet de visualiser les créneaux d'une manière claire et structurée.

b. Paramétrage des contraintes

L'une des forces de Monoposte est sa capacité à gérer une grande variété de contraintes. Voici quelques exemples de contraintes qui peuvent être paramétrées :

- Disponibilité des professeurs : Les enseignants peuvent indiquer leurs heures de disponibilité ou leurs préférences horaires.
- Restrictions liées aux salles : Certaines matières peuvent être attribuées à des salles spécifiques en fonction de leurs équipements (laboratoires, amphithéâtres, etc.).
- Compatibilité des groupes : Le logiciel permet de gérer les regroupements ou les incompatibilités entre différents groupes d'étudiants.
- Plages horaires préférentielles : Des créneaux horaires peuvent être préférés ou évités pour certaines activités.

L'outil gère des contraintes traditionnelles, c'est pour cela que nous avons pris la décision d'ajouter de nouvelles contraintes comme minimiser le poids des cartables des élèves.

c. Génération automatique de l'emploi du temps

L'algorithme de génération automatique prend en compte toutes les contraintes saisies pour produire un emploi du temps optimisé. Une fois toutes les données et les contraintes saisies, le processus de génération de l'emploi du temps est considéré comme rapide pour un établissement de taille moyenne, ce qui équivaut à environ une heure. L'outil identifie les cours qui n'ont pas pu être placés (entre dix et vingt cours non placés) et les conflits associés. Il propose une étape complémentaire (environ une heure et demi de processus) pour affiner l'emploi du temps généré ou permet à l'utilisateur de résoudre manuellement les conflits.

d. Gestion des modifications dynamiques

Un des atouts majeurs de Monoposte est sa flexibilité en cas de changements imprévus. Qu'il s'agisse de l'absence d'un enseignant, d'un changement de salle, ou d'une demande de modification d'horaire, le logiciel permet de recalculer rapidement un nouvel emploi du temps. Cela évite de devoir repartir de zéro et garantit une continuité dans la planification.

e. Fonctionnalités supplémentaires

En plus de ses outils de base, Monoposte propose des fonctionnalités complémentaires à la génération de l'emploi du temps, pour gérer au quotidien l'établissement :

qui enrichissent l'expérience utilisateur :

- Exportation des plannings : les emplois du temps peuvent être exportés sous différents formats (PDF, Excel) pour diffusion ou archivage.
- Historique des modifications : chaque modification est enregistrée, permettant de suivre l'évolution du planning.
- Gestion des congés et des absences : le logiciel peut inclure les périodes de congés des enseignants et ajuster automatiquement les plannings en conséquence.
- Personnalisation des affichages : les utilisateurs peuvent personnaliser l'affichage pour se concentrer sur certaines parties du planning (par matière, par groupe ou par salle).

Il est aussi possible d'importer un emploi du temps généré par un autre outil sur Monoposte pour ensuite réaliser la gestion quotidienne.

f. Limites de l'outil Monoposte

Bien que performant, Monoposte présente certaines limites. La prise en main initiale peut être intimidante pour des utilisateurs non familiers avec des logiciels similaires, en particulier sans formation ou accompagnement. Les contraintes très complexes ou conflictuelles peuvent également mettre l'algorithme en difficulté, nécessitant une intervention manuelle.

g. Conclusion de l'analyse de l'outil Monoposte

Monoposte d'Index Éducation est une solution robuste et adaptée aux besoins des établissements scolaires. Son interface intuitif, sa capacité à gérer des contraintes variées, et sa flexibilité face aux imprévus en font un outil incontournable pour optimiser la planification scolaire. Bien que son apprentissage puisse demander un investissement initial, ses nombreuses fonctionnalités et sa puissance justifient pleinement son adoption dans les établissements souhaitant automatiser et simplifier leur gestion des emplois du temps.

Notre outil devra donc être compatible avec Monoposte, ainsi nous pourrons importer un emploi du temps préalablement réalisé avec la liste de ces contraintes prises en compte par Monoposte pour ensuite gérer au quotidien l'établissement sur l'outil de gestion d'emploi du temps. La génération de l'emploi du temps avec différents scénarios de tests et la possibilité d'ajouter des contraintes nouvelles est un véritable plus pour notre outil.

Pour cette analyse, nous avons pris pour exemple Monoposte d'Index Education néanmoins la compatibilité devra se faire avec d'autres logiciels du même type grâce à un import de l'emploi du temps en fichier ".edt", compatible avec la majorité des gestionnaires d'emploi du temps.

8. Analyse des solvers :

Cette analyse compare deux solveurs de programmation par contraintes (CSP) : OR-Tools (Google) et ILog CPLEX (IBM).

a. Données et contraintes d'entrée

Données d'entrée :

Catégorie	Données
Professeurs	A; B; C
Groupes	G1; G2; G3
Matières par professeurs	A : Maths B : Physique C : Chimie
Salles	R1; R2; R3; R4
Salles par matière	Maths: R1, R4 Physique: R2, R3 Chimie: R2, R3
Créneaux horaires	5 créneaux horaires disponibles (notés de 0 à 4)

Contraintes saisies :

N°	Description
1	Un professeur enseigne au plus une fois par créneau horaire.
2	Une salle est utilisée au plus une fois par créneau horaire.
3	Un groupe a au plus un cours par créneau horaire.
4	Chaque groupe doit recevoir chaque matière enseignée au moins une fois.
5	Un professeur peut enseigner uniquement dans les salles autorisées pour sa matière.

b. Analyse des solveurs

i. OR-Tools (Google) :

OR-Tools est un solveur de programmation par contraintes gratuit et open-source, à la fois polyvalent et accessible. Compatible avec des langages de programmation comme Python, C++, Java et .Net, il dispose d'une documentation très complète en ligne ([lien](#)). Lors des tests, nous avons implémenté toutes les contraintes dans un script Python. Le solveur s'est montré capable de fournir une solution optimale, répartissant les professeurs, groupes et salles de manière à respecter toutes les contraintes. Cette expérience met en lumière la facilité d'utilisation et l'efficacité de cet outil. Voici le script utilisé pour les tests :

```
from ortools.sat.python import cp_model

def create_schedule_with_multiple_rooms_per_subject():
    # Initialiser le modèle
    model = cp_model.CpModel()

    # Données
    profs = ['A', 'B', 'C']
    groups = ['G1', 'G2', 'G3']
    subjects = {'A': 'Maths', 'B': 'Physique', 'C': 'Chimie'}
    rooms = ['R1', 'R2', 'R3', 'R4']
    room_for_subject = {
        'Maths': ['R1', 'R4'],
        'Physique': ['R2', 'R3'],
        'Chimie': ['R2', 'R3']
    }
    time_slots = range(5)

    # Variables
    x = {}
    for p in profs:
        for g in groups:
            for r in rooms:
                for t in time_slots:
                    x[(p, g, r, t)] = model.NewBoolVar(f'x_{p}_{g}_{r}_{t}')

    # Contraintes
    for p in profs:
        for t in time_slots:
            model.Add(sum(x[(p, g, r, t)] for g in groups for r in rooms) <= 1)
    for r in rooms:
```



```

    for t in time_slots:
        model.Add(sum(x[(p, g, r, t)] for p in profs for g in groups) <= 1)
for g in groups:
    for t in time_slots:
        model.Add(sum(x[(p, g, r, t)] for p in profs for r in rooms) <= 1)
for g in groups:
    for p in profs:
        model.Add(sum(x[(p, g, r, t)] for r in rooms for t in time_slots) >= 1)
for p, subject in subjects.items():
    allowed_rooms = room_for_subject[subject]
    for g in groups:
        for t in time_slots:
            for r in rooms:
                if r not in allowed_rooms:
                    model.Add(x[(p, g, r, t)] == 0)

# Résolution
solver = cp_model.CpSolver()
status = solver.Solve(model)

# Résultats
if status == cp_model.FEASIBLE or status == cp_model.OPTIMAL:
    print("Solution trouvée :)")
    for t in time_slots:
        print(f"\nCréneau {t + 1} :")
        for g in groups:
            for r in rooms:
                for p in profs:
                    if solver.Value(x[(p, g, r, t)]) == 1:
                        print(f" Groupe {g} dans Salle {r}: {p} enseigne {subjects[p]}")
else:
    print("Aucune solution trouvée.")

# Exécution
create_schedule_with_multiple_rooms_per_subject()

```

ii. *ILog CPLEX (IBM) :*

ILog CPLEX (lien) est un solveur reconnu pour ses performances, notamment dans les domaines industriels et les problèmes d'optimisation complexes. Toutefois, cet outil nécessite une licence payante, bien qu'une version d'essai gratuite soit disponible. Malheureusement, dans le cadre de notre étude, nous n'avons pas pu exploiter pleinement ce solveur, car l'accès

à la version gratuite n'était pas compatible avec les accords de l'université. Nous n'avons pas été en mesure d'évaluer sa capacité à fournir une solution.

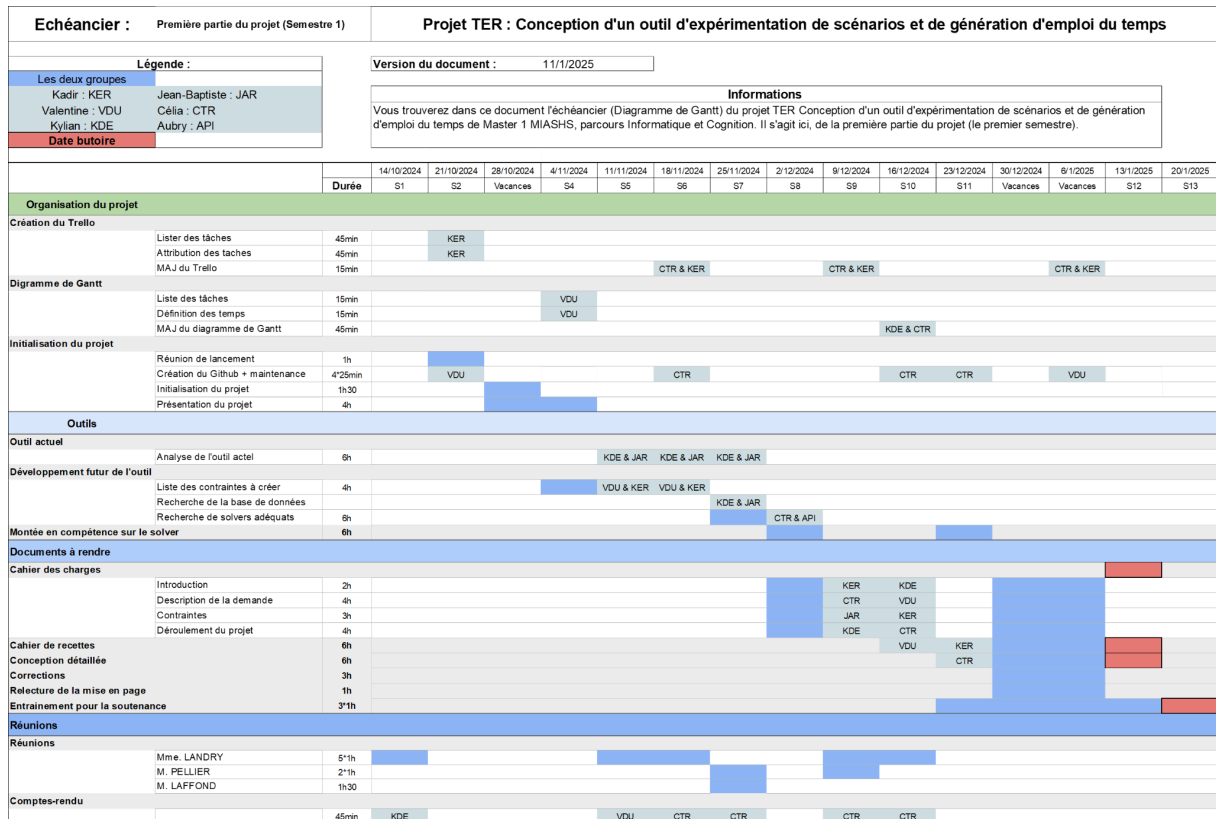
c. Conclusion et recommandations

La documentation et les tests effectués mettent en avant les points forts et les limites de chaque solveur. OR-Tools s'est montré à la fois efficace et accessible, produisant une solution optimale en respectant toutes les contraintes. Sa gratuité et sa documentation exhaustive en font notre choix pour ce projet. En revanche, ILog CPLEX, bien que pertinent pour notre problème, n'a pas pu être testé à cause des limitations d'accès.

9. Gestion de projet :

a. Diagramme de Gantt :

Première partie du projet (semestre 1) :



Seconde partie du projet (semestre 2) :

Echéancier :		Seconde partie du projet (Semestre 2)		Projet TER : Conception d'un outil d'expérimentation de scénarios et de génération d'emploi du temps																											
Légende :		Version du document : 11/1/2025																													
Les deux groupes		Informations																													
Kadir : KER		Vous trouverez dans ce document l'échéancier (Diagramme de Gantt) du projet TER Conception d'un outil d'expérimentation de scénarios et de génération d'emploi du temps de Master 1 MIAHS,																													
Jean-Baptiste : JAR		parcours Informatique et Cognition. Il s'agit ici, de la seconde partie du projet (le second semestre).																													
Valentine : VDU																															
Célia : CTR																															
Kylian : KDE																															
Aubry : API																															
Date butoire																															

10. Glossaire

Algorithme : Dans le cadre du projet, il s'agit d'un solveur utilisé pour générer des emplois du temps optimisés en fonction de contraintes.

Base de données : Ensemble organisé de données stockées électroniquement, utilisé pour centraliser les informations nécessaires à la génération des emplois du temps.

Cahier des charges : Document décrivant les besoins fonctionnels et techniques du projet pour cadrer son développement.

Cahier de recettes : Document définissant les tests à effectuer et les résultats attendus pour valider les fonctionnalités développées.

Commanditaire : Personne à l'origine de la demande de projet, responsable de suivre son développement et d'orienter les équipes. Ici, Mme Landry Aurélie joue ce rôle.

Contraintes : Règles ou conditions à respecter dans la création des emplois du temps. Elles peuvent être fortes (obligatoires) ou faibles (préférentielles).

Contrainte forte : Condition incontournable pour générer un emploi du temps (ex. : respect des horaires d'ouverture et de fermeture de l'établissement).

Contrainte faible : Préférence qui améliore la qualité d'un emploi du temps sans être obligatoire (ex. : réduction des heures de permanence).

.edt : Format de fichier utilisé pour exporter les emplois du temps, compatible avec des logiciels comme "Monoposte" d'Index Education.

Ergonomie : Caractéristique des interfaces visant à simplifier leur utilisation et à les rendre accessibles à tous, indépendamment du niveau de compétence technique.

Emploi du temps : Planification des cours pour un établissement scolaire, tenant compte des disponibilités des salles, des professeurs et des élèves.

Interface utilisateur (UI) : Composant graphique permettant aux utilisateurs d'interagir avec l'outil, par exemple pour configurer les contraintes ou visualiser les résultats.

Monoposte : Logiciel de gestion d'emploi du temps utilisé comme exemple dans le projet.

RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données) : Régulation européenne visant à protéger les données personnelles des utilisateurs.

Solveur : Algorithme chargé de résoudre le problème d'optimisation des emplois du temps en tenant compte des contraintes définies.

Scénarios de contraintes : Ensembles de contraintes spécifiques définis pour tester différentes hypothèses et configurations d'emploi du temps.

TER (Travail Encadré de Recherche) : Projet universitaire concret réalisé dans le cadre de la formation, incluant une phase de recherche et une phase de développement.

Conception généralisée : Approche visant à rendre l'outil adaptable à plusieurs établissements scolaires, au-delà du collège initialement étudié.

Contraintes matérielles : Ressources techniques nécessaires pour faire fonctionner l'outil, comme un ordinateur avec des performances minimales.

Contraintes temporelles : Délais liés à la réalisation du projet ou à l'utilisation du produit dans un cadre pratique.

11. Références

Les références bibliographiques apportant des informations complémentaires :

- Cahier de recette :
 - Version 1.02, datée du 12 janvier 2025.
 - Document contenant les scénarios de tests, les critères de validation, et les modalités de vérification de la qualité du logiciel.
- Plan de Développement :
 - Version 1.01, datée du 12 janvier 2025.
 - Document décrivant l'organisation, les méthodes, et les outils utilisés pour la réalisation du projet.
- [Documentation Monoposte d'Index Éducation](#) : Documentation officielle pour la gestion des emplois du temps.
- [Documentation technique OR-Tools](#) : Spécifications et détails d'implémentation du solveur utilisé.
- [Documentation ILog CPLEX \(IBM\)](#) : Référentiel technique pour le solveur ILog CPLEX.
- Liens vers les outils collaboratifs du projet :
 - [Trello](#) : Organisation des tâches en méthode Agile.
 - [Google Drive](#) : Documents centralisés du projet.
 - [GitHub](#) : Dépôt pour le code source et les contributions.
- Exemples de données fournies par M. Laffond : Jeux de données anonymisées pour tester et valider l'outil.
- Contraintes et spécifications fournies par M. Laffond : Contraintes horaires, matérielles, et pédagogiques de l'établissement scolaire.
- [Vidéos et tutoriels Monoposte](#) : Vidéos explicatives pour l'utilisation de Monoposte.

12. Index

Mot-clé	Pages	Sections
Algorithme	8, 32, 38	Concepts de base, Analyse des solveurs, Glossaire
Base de données	8, 11, 17, 38	Concepts de base, Description de la demande, Ressources, Glossaire
Cahier des charges	4, 16, 39	Introduction, Déroulement du projet, Références
Cahier de recettes	16, 38	Déroulement du projet, Glossaire
Commanditaire	9, 4, 38	Contexte, Introduction, Glossaire
Contraintes	14, 7, 29, 38	Contraintes, Glossaire, Index
Contrainte forte	15, 7, 38	Contraintes obligatoires, Glossaire
Contrainte faible	15, 7, 38	Contraintes faibles, Glossaire
.edt	12, 38	Fonctionnalités d'exportation, Glossaire
Ergonomie	15, 7, 38	Contraintes, Glossaire
Emploi du temps	11, 12, 38	Description de la demande, Glossaire
Exportation	12, 30	Fonctionnalités supplémentaires, Monoposte
Interface utilisateur	12, 38	Fonctionnalités, Glossaire
Monoposte	30, 38	Analyse d'un outil de gestion, Glossaire
Optimisation	32, 14	Analyse des solveurs, Contraintes
RGPD	15, 38	Contraintes, Glossaire

Solveur	8, 32, 38	Concepts de base, Analyse des solveurs, Glossaire
Scénarios de contraintes	8, 15, 38	Concepts de base, Analyse des contraintes, Glossaire
TER (Travail Encadré)	9, 38	Contexte, Glossaire
Conception généralisée	11, 38	Description de la demande, Glossaire
Contraintes matérielles	14, 38	Contraintes, Glossaire
Contraintes temporelles	14, 38	Contraintes, Glossaire