



L'Épopée migratoire de la téléphonie à l'Unistra

Laurence Moindrot, Tristan Ferry, François Ménabé

► To cite this version:

Laurence Moindrot, Tristan Ferry, François Ménabé. L'Épopée migratoire de la téléphonie à l'Unistra. JRES (Journées réseaux de l'enseignement et de la recherche) 2024, Renater, Dec 2024, Rennes, France. ⟨hal-04893835⟩

HAL Id: hal-04893835

<https://hal.science/hal-04893835v1>

Submitted on 17 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

L'Épopée migratoire de la téléphonie à l'Unistra

Tristan FERRY

Direction du Numérique

Université de Strasbourg
Strasbourg

François MENABE

Direction du Numérique

Université de Strasbourg
Strasbourg

Laurence MOINDROT

Direction du Numérique

Université de Strasbourg
Strasbourg

Résumé

Depuis plusieurs décennies, le système de téléphonie de l'Unistra (Université de Strasbourg) reposait sur une infrastructure de téléphonie classique et propriétaire, comportant des dizaines de PABX, de multiples liaisons T2 et des téléphones de tous types (analogiques, IP propriétaires, SIP, DECT, avec ou sans fil ...).

Un plan de maintenance et d'évolution vers une technologie full IP avait été programmé sur plusieurs années. Parallèlement, une étude avait été menée pour intégrer une solution de softphonie, esquissant ainsi la réflexion sur les outils nécessaires au télétravail, mais sans enthousiasme. Le chemin était tracé.

En 2020, la pandémie a bouleversé les plans établis. En effet, l'avènement du télétravail, le développement de la visioconférence et les premiers tests de softphonie ont amorcé un changement alors imprévu.

Après de nombreux brainstorming, fin 2021, l'Université de Strasbourg a décidé de réinventer son système de communication. Elle a entrepris de faire évoluer sa téléphonie vers un modèle plus moderne, en changeant complètement de système et en privilégiant la softphonie. C'est en janvier 2022 que l'épopée migratoire de la téléphonie de l'Unistra débute.

Malgré tous les obstacles et les doutes, les objectifs ont été atteints dans les temps en novembre 2023 et l'épilogue est une réussite. Sur les 7 000 lignes initiales, 2 000 ont été supprimées et 5 000 lignes migrées sur le nouveau système.

Mots-clefs

Téléphonie, TOIP, Asterisk, SIP, Softphonie, Projet, télétravail, transformation, accompagnement au changement

1 Introduction

En 2020, avant le lancement du projet d'évolution de la téléphonie fixe de l'Université de Strasbourg, un audit de la solution existante a été effectué par un prestataire indépendant de tout constructeur. Cet audit a révélé l'obsolescence de la solution actuelle, tant sur le plan technique que sur celui de l'usage. Cette prise de conscience a mis en évidence la nécessité de réaliser une étude de l'état de l'art des systèmes de téléphonie afin d'identifier les meilleures options pour l'avenir.

En 2021, cette première analyse a été suivie d'une étude plus détaillée sous la forme d'une *Request for Information* (RFI¹), avec un cahier des charges précisant les objectifs et les besoins de la migration. Durant l'été 2021, plusieurs *Proof of Concept* (POC) ont été réalisés pour tester les différentes solutions envisagées, et en décembre, la solution finale a été sélectionnée.

Pour garantir une transition fluide et limiter les perturbations pour les utilisateurs, tout en maîtrisant les coûts, il a été décidé de mener cette migration sur une période de 18 mois, avec 6 mois de préparation. Cette approche progressive a permis de minimiser l'impact sur les opérations quotidiennes et d'éviter les frais élevés liés au maintien simultané de deux solutions.

Dans cet article, nous vous proposons un retour d'expérience sur les principaux aspects de cette transformation ambitieuse : les objectifs du plan de migration, les choix de la solution et des architectures mises en place, la stratégie et le plan de migration retenu, un retour d'expérience (RETEX) sur la migration, et l'accompagnement des utilisateurs ainsi que la gestion du changement. Nous aborderons également l'évolution du rôle du responsable de la téléphonie et l'impact sur les équipes, le choix des outils d'exploitation, et la manière dont nous avons procédé au recyclage des anciens équipements et téléphones.

Nous concluons par un bilan global de cette épopée migratoire et évoquerons les perspectives d'évolution futures.

1.1 L'Université de Strasbourg

L'Université de Strasbourg (Unistra) a été créée le 1er janvier 2009 suite à la fusion des trois universités strasbourgeoises historiques : Université Louis Pasteur, Université Marc Bloch, Université Robert Schuman et de l'IUFM (devenu INSPE depuis). Elle accueille plus de 55 000 étudiants chaque année, dont 20% d'étudiants étrangers. Elle réunit environ 5 600 enseignants-chercheurs et personnels administratifs et techniques. Elle est localisée sur 140 bâtiments/sites et possède 40 services/directions, 35 composantes de formations (facultés, IUT, écoles d'ingénieur et de commerce) et 66 unités de recherche.

1.2 Le système de téléphonie de l'université en 2021

La solution de téléphonie fixe de l'Université de Strasbourg, en 2021, reposait sur un système propriétaire non intégré au système d'information, géré manuellement via une interface graphique datant des années 90. Elle comptait 11 000 numéros SDA réservés, 7 000 lignes téléphoniques déclarées, 6 300 postes physiques déployés (dont seulement la moitié en IP), 35 PABX et couvrait 70 bâtiments.

2 Les objectifs du plan de transformation

Suite à un audit réalisé en 2020, révélant l'obsolescence de la solution en place, tant sur le plan technique que sur celui de l'usage, plusieurs études ont été menées en parallèle, en 2021, pour définir la feuille de route et les objectifs d'un projet d'évolution. Dans ce cadre nous avons

¹ <https://www.marche-public.fr/Marches-publics/Definitions/Entrees/rfi-request-for-information.htm>

rencontré plusieurs acteurs de l'université, dont les utilisateurs finaux, les services d'accueil comme les scolarités, la gouvernance, le service des finances, les architectes, et l'administrateur télécoms de l'université. Il est important de noter que cet audit a été réalisé entre les deux confinements de la crise sanitaire, période pendant laquelle les usages ont drastiquement évolué. L'ambition de l'Unistra était d'évoluer vers une plateforme globale, ouverte, évolutive et hautement disponible, avec plusieurs grands objectifs.

2.1 Sur le plan fonctionnel

Sur le plan fonctionnel, l'objectif principal était d'améliorer l'ergonomie et de rationaliser le poste de travail, tout en répondant aux nouveaux besoins de communication des utilisateurs, notamment en lien avec le télétravail. La transformation visait à faire évoluer l'offre de services en intégrant ces nouveaux usages, tout en continuant à offrir un service de téléphonie classique. Pendant la pandémie, plusieurs outils de communication avaient émergé, mais posaient des problèmes de déploiement et de sécurité. La collecte des besoins utilisateurs, réalisée entre les deux confinements, a fortement influencé l'évolution des services. La principale demande concernait la possibilité d'être joignable en télétravail sur un numéro professionnel, uniquement pendant les horaires de travail, afin d'éviter les abus d'appels en dehors de ces heures, situation exacerbée pendant la pandémie, lorsque beaucoup avaient partagé leur numéro personnel.

2.2 Sur le plan technique et organisationnel

Sur le plan technique, l'objectif était de déployer une plateforme compatible avec les infrastructures et systèmes existants de l'université, notamment les réseaux LAN/WAN, la sécurité, les systèmes et les postes de travail. La solution devait s'intégrer dans le Système d'Information en place, avec une gestion centralisée des identités et des accès via l'annuaire LDAP et l'authentification centralisée. Il était également important d'assurer l'automatisation du provisionnement et du déprovisionnement des comptes (sur le système de téléphonie) via des API, afin de simplifier l'exploitation quotidienne tout en garantissant la conformité au RGPD. Parallèlement, la standardisation et l'homogénéisation des services sur l'ensemble du réseau étaient visées pour assurer une cohérence technique et organisationnelle, tout en améliorant les conditions d'exploitation et en renforçant la maîtrise du déploiement et de la gestion de la solution.

2.3 Sur le plan financier

Enfin, sur le plan financier, les objectifs remontés par la gouvernance étaient d'optimiser les coûts de maintenance et d'exploitation de la téléphonie, tout en pérennisant les investissements et en maîtrisant les coûts des évolutions sur le long terme.

3 Le processus de sélection de la plateforme et de l'architecture

3.1 Réalisation d'un sourcing de solutions de téléphonie répondant aux objectifs

À la suite de l'audit réalisé en 2020, il était nécessaire d'identifier les constructeurs capables de répondre à notre cahier des charges. La solution proposée devait être entièrement basée sur la technologie IP, proposer l'utilisation de *softphone* afin d'être compatible avec le télétravail, et s'intégrer parfaitement dans notre système d'information, tout en étant compatible avec les outils collaboratifs déjà en place à l'université.

En collaboration avec le Département Achat Marché (DAM) de l'université, nous avons alors lancé une RFI pour « appréhender le marché existant ou potentiel et sonder les aspects techniques et financiers de l'achat envisagé et préciser la définition des besoins ». Nous avons reçu cinq réponses. Pour départager les cinq sociétés ayant répondu à la RFI, nous avons mis en place

une grille technique recensant toutes les fonctionnalités jugées essentielles. Celle-ci est jointe en Annexe 1. Durant l'été nous avons testé trois des solutions au travers de différentes maquettes, ce qui nous a permis de compléter la grille technique de manière plus précise .

3.2 Intégration sur l'ensemble des postes de travail de l'université

L'évolution des technologies actuelles et la montée en puissance du télétravail nous ont amenés à abandonner les solutions analogiques et numériques traditionnelles, privilégiant ainsi l'usage de *softphones*, logiciels permettant de passer des appels depuis un ordinateur plutôt qu'avec des téléphones physiques. La solution devait être multi-plateforme, compatible à la fois avec les systèmes d'exploitation les plus courants et avec les appareils mobiles.

3.3 Intégration avec les applications collaboratives de l'université

La solution retenue devait être flexible et ouverte afin de s'intégrer aisément à nos différents outils. Nous voulions que son annuaire puisse être synchronisé avec notre LDAP afin de garder l'annuaire interne de l'université à jour sans nous contraindre à faire des modifications manuelles. Son module de messagerie instantanée devait être compatible avec le protocole Matrix pour permettre une future intégration avec notre propre système.

De plus, il était important de pouvoir désactiver les fonctionnalités redondantes avec d'autres logiciels déjà déployés au sein de l'université, comme la visioconférence, ou encore celles jugées non pertinentes, telles que l'organisation de conférences téléphoniques ou l'intégration avec Office 360 ou Google.

3.4 Intégration forte dans le Système d'Information de l'université

L'Université de Strasbourg utilise un système d'authentification centralisé. Par souci de cohérence, nous voulions que le nouveau système de téléphonie soit compatible avec cette solution afin de simplifier la gestion des comptes et des mots de passe. La solution retenue devait également fournir des API permettant d'automatiser le provisionnement et le déprovisionnement des comptes, simplifiant ainsi la gestion au quotidien. En effet les comptes utilisateurs de l'université sont automatiquement supprimés trois mois après leur départ. Il nous fallait mettre en place une solution nous permettant de mettre à jour les données automatiquement pour garder une base saine.

3.5 Simplification et évolution des infrastructures réseaux et systèmes

L'ancien système de téléphonie était réparti sur six serveurs virtualisés dans un environnement de production unique. Dans la nouvelle solution, nous avons centralisé toutes les fonctionnalités sur un seul serveur virtuel, afin de réduire les coûts de fonctionnement et de simplifier l'architecture. De plus, nous avons mis en place deux environnements distincts : un pour la pré-production et un pour la production, ce qui nous permet de tester les différentes mises à jour avant leur déploiement.

L'infrastructure réseau et la sécurité ont été repensées. Nous avons mis en place un réseau dédié à l'environnement téléphonique (serveur de téléphonie, serveur de métrologie/supervision, etc.), protégé en amont par un pare-feu sous BSD. L'utilisation de VRF (Virtual Routing and Forwarding) nous a permis d'isoler chaque bâtiment, permettant ainsi de contenir les incidents potentiels au bâtiment d'origine. Les réseaux des environnements de pré-production et de production sont également complètement étanches. Un bastion nous permet d'accéder à ces différents réseaux. Nous avons également mis en place un serveur DHCP dédié, hébergé sur le serveur de téléphonie, permettant l'attribution d'adresse IP aux équipements en fonction du bâtiment et du constructeur (seules les adresses MAC de constructeurs validés par nos services peuvent recevoir une adresse IP).

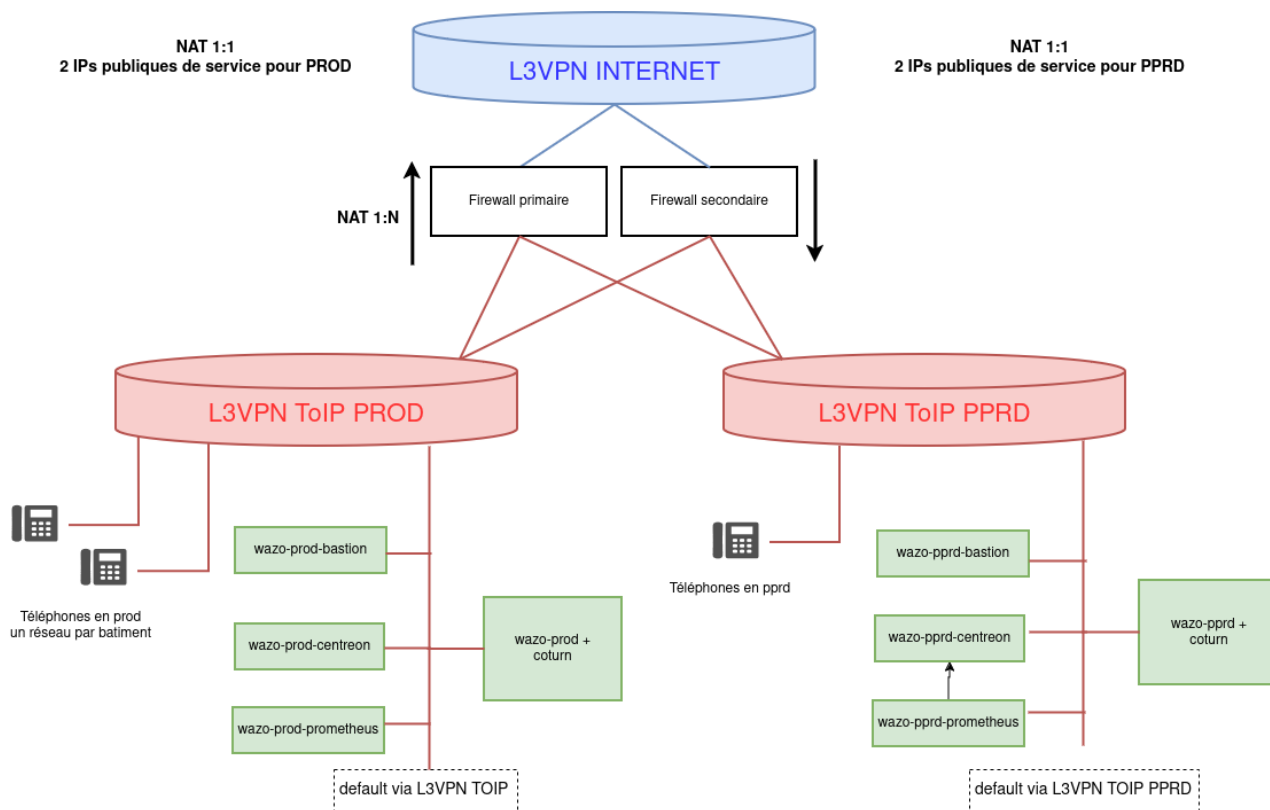


Figure 1: Schéma de l'architecture système réseau du nouveau système de téléphonie

3.6 Une arrivée télécoms unique et fiable

L'ancienne installation téléphonique comptait 35 accès opérateurs T2, répartis sur l'ensemble de l'université. Nous souhaitons simplifier et regrouper toutes ces liaisons en un unique lien fibre sécurisé. Il était aussi pertinent d'avoir une meilleure vue sur cette liaison, avec des outils avancés telle qu'une supervision et une métrologie. Il était ainsi logique d'avoir une interconnexion voix basée sur le protocole SIP en raison de sa flexibilité, son interopérabilité et son évolutivité. Cette partie du projet a été menée en parallèle avec notre opérateur télécoms et s'est déroulée en deux temps. En premier, nous avons mis en place l'infrastructure composée de liens fibres redondés empruntant deux parcours différents pour limiter au maximum le risque de coupure. Nous avons ensuite migré les lignes en fonction des T2 sur lesquels elles étaient raccordées, et au fur et à mesure de l'avancement de leur passage vers la nouvelle solution de téléphonie. Cette opération s'est étalée sur presque toute l'année 2023.

3.7 Le choix

Les résultats de la RFI et des maquettes ont été présentés au Comité Stratégique des Projets du Numérique (CSPN) de l'université pour prise de décision en décembre 2021. Le choix s'est alors porté sur la plateforme de communications unifiées **Wazo**² basée sur le framework de téléphonie Asterik. Cette solution était la plus adaptée à nos exigences.

² <https://wazo.io>

4 La stratégie, et le plan de migration

Après avoir choisi la nouvelle solution de téléphonie que nous allions mettre en place, nous avons étudié la stratégie de migration. Le but était de perturber au minimum les utilisateurs et de minimiser les coûts (maintenir deux solutions en parallèle a des coûts de maintenance et humains importants). La gouvernance de l'université a alors mis l'accent sur les quatre points suivants :

- **Conservation des numéros de téléphone** : Afin de perturber au minimum les utilisateurs et les entités de l'université, nous avons tout d'abord choisi de conserver l'ensemble des numéros de téléphones. Repartir avec une nouvelle numérotation aurait eu un impact trop important sur l'ensemble des entités qui auraient dû changer leurs plaquettes, sites web, etc.
- **Migration par entité** : Nous avons également décidé de migrer les utilisateurs par entité plutôt que par bâtiment afin de minimiser l'impact au sein de chaque entité. Ce choix n'a pas été le plus facile à mettre en œuvre. Elles étaient réparties sur plusieurs sites, dans des plages différentes de numéros, gérées par des accès opérateurs T2 distincts. La solution la plus simple aurait été de migrer par accès opérateur, ce qui aurait simplifié les configurations de routage entre les deux systèmes. Nous avons donc dû développer une solution spécifique de routage pour assurer la transition entre les deux plateformes.
- **Migration sur 18 mois** : Afin de réduire les coûts de maintenance, et également la complexité de gestion du support et de l'exploitation, la gouvernance a fait le choix d'une migration sur 18 mois. Le but était d'avoir migré toutes les entités avant la fin de l'été 2023 pour ne pas à avoir à reprendre un contrat de maintenance sur l'ancienne solution.
- **Accompagnement au changement renforcé pour les entités et les utilisateurs** : Le changement étant majeur, il était essentiel de choisir avec soin les méthodes d'accompagnement et de communication. Elles devaient être minutieusement planifiées et réalisées pour garantir une transition fluide et réduire les résistances.

4.1 Plan de migration

Six grandes phases stratégiques ont été planifiées pour mener à bien le projet, assurant ainsi une transition fluide et efficace. Simultanément aux phases principales, nous avons travaillé de manière continue sur l'implémentation des outils d'exploitation de la solution.

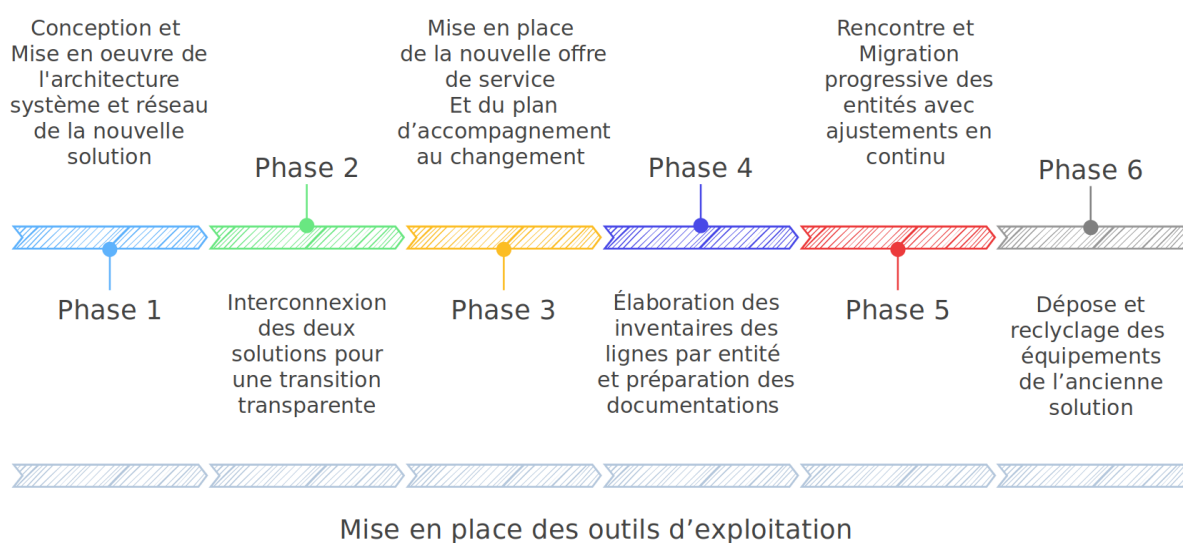


Figure 2: Les phases stratégiques du projet

4.2 Conception et mise en œuvre de l'architecture de la nouvelle solution

La première étape du projet a été la conception et la mise en place de l'architecture de la nouvelle solution détaillée dans le chapitre 3.5. Reposant sur le système de téléphonie *Asterisk*, nous avons suivi les recommandations de la communauté et de l'éditeur concernant le choix et les paramétrages du système d'exploitation. Tous les déploiements sont entièrement automatisés via un serveur « *utils* » avec Ansible, et toutes les configurations sont versionnées et gérées via Git.

4.3 Interconnexion des 2 solutions pour une transition transparente

Afin d'assurer une migration progressive et sans interruption pour les utilisateurs, nous avons mis en place une interconnexion de type « trunk SIP » entre l'ancienne et la nouvelle solution de téléphonie. Cette interconnexion a permis aux deux systèmes de coexister et de communiquer de manière transparente pendant toute la durée du projet. Plusieurs actions ont été menées pour garantir cette transition fluide :

- **Mise en place d'un trunk SIP entre les deux solutions avec routage spécifique** : Pour permettre la communication entre les 2 systèmes, un trunk SIP a été configuré. Ce lien a permis de router les appels entre les deux plateformes en fonction de règles spécifiques, garantissant que chaque appel était dirigé vers le bon système en fonction du statut d'une ligne.
- **Partage de l'annuaire entre les deux systèmes via un annuaire LDAP temporaire** : Un annuaire LDAP temporaire a été créé pour permettre aux deux solutions de partager les informations utilisateurs (noms, numéros de téléphone court). Cet annuaire partagé a facilité la gestion des appels entre les deux environnements, tout en évitant des doublons ou des conflits lors de la phase de transition.
- **Écriture de scripts de migration** : Pour automatiser et sécuriser le processus de migration des utilisateurs et des services, des scripts spécifiques ont été développés. Ces scripts ont permis de transférer automatiquement les numéros de l'ancien système vers le nouveau, par vague, en réduisant le risque d'erreurs manuelles et en assurant une migration contrôlée.

4.4 Mise en place de la nouvelle offre de service et du plan d'accompagnement au changement

La mise en place de la nouvelle offre de service a été un élément important de la migration vers le nouveau système de téléphonie. Ce processus s'est accompagné d'un plan structuré d'accompagnement au changement pour garantir une adoption par les utilisateurs et une continuité de service sans interruption. Plusieurs actions ont été entreprises pour assurer la transition :

- **Définition de la nouvelle offre de service** : La nouvelle offre de service de la téléphonie repose sur trois types de lignes à découvrir en détail en Annexe 2 : la ligne professionnelle nominative individuelle, la ligne de mission/service (groupement) et la ligne localisée ou dédiée à un équipement spécifique. Cette offre permet une plus grande flexibilité, notamment avec l'utilisation de *softphones* pour les lignes nominatives et professionnelles, tout en continuant de prendre en charge des lignes spécifiques et localisées.
- **Communication et sensibilisation des utilisateurs** : Un effort particulier a été mis sur la communication des changements auprès des utilisateurs. Des réunions d'information ont été organisées avec les chefs de services centraux, les responsables administratifs de composantes (RAC) et les directeurs d'unités (DU), ainsi qu'au sein du Comité Social d'Administration d'Établissement (CSAE). En complément, des guides pratiques ont été fournis, et une documentation régulièrement mise à jour a été mise à disposition pour accompagner les utilisateurs tout au long de la migration.

- **Accompagnement au changement** : Le plan d'accompagnement incluait la formation des utilisateurs à la nouvelle offre, notamment sur l'utilisation des *softphones* et les nouvelles fonctionnalités disponibles, telles que la gestion des conférences, les renvois automatiques d'appels et l'intégration avec l'annuaire de contacts. Des sessions de formation ont été proposées aux entités qui le souhaitaient.
- **Analyse des cas d'usage spécifiques et choix des alternatives** : Avant la migration, nous avons recensé 30 interphones, 69 téléphones DECT et 97 bornes DECT, 200 fax, 30 terminaux de paiement (TPE), 12 machines à affranchir, 5 ascenseurs et 25 alarmes. Une étude spécifique a été réalisée pour définir les meilleures options de migration pour ces cas particuliers. Les interphones, TPE, alarmes et machines à affranchir ont été migrés vers une solution entièrement IP, distincte du système de téléphonie. Les téléphones DECT ont été remplacés par des téléphones fixes SIP avec une base DECT. Pour les fax, une solution de « fax to mail » a été mise en place, permettant de recevoir les fax par mail et de les envoyer via l'application de softphonie pour la dizaine de fax restants. Quant aux alarmes et ascenseurs, ils ont été migrés vers des solutions utilisant des cartes SIM.
- **Choix des périphériques** : Nous avons été particulièrement attentifs à la sélection des casques. Ceux-ci ont été choisis pour leur qualité sonore, leur compatibilité avec les ordinateurs de l'université, ainsi que pour leur ergonomie.

4.5 Élaboration des inventaires des lignes par entité

Pour constituer les inventaires des lignes téléphoniques par entité, nous avons exploité trois sources de données : les numéros déclarés sur l'ancien système de téléphonie, les numéros référencés dans l'annuaire LDAP et associés aux personnels, ainsi que les informations du système de refacturation qui permettaient de connaître les entités en charge de la gestion des téléphones au sein de leur structure.

Le numéro de téléphone a servi de clé pour agréger les données et distinguer les différents types de lignes (nominatives, de service, localisées, d'équipements, partagées, etc.). Dans l'annuaire LDAP, seuls les numéros associés à des personnes étaient présents, ce qui nous a permis d'associer les comptes utilisateurs aux numéros en vue de la migration vers la softphonie. Cela a également facilité l'identification des numéros encore assignés à des personnes ayant quitté l'université, renforçant ainsi l'exactitude des données et la gestion des comptes. Un point particulier sur le *workflow* de génération de cet inventaire est fait dans le chapitre 5.1.

Ces inventaires ont servi de socle pour les discussions et décisions concernant la migration vers la nouvelle solution. Ils permettaient de clarifier les options de migration et permettaient aux gestionnaires de lignes de téléphonie de prendre les bonnes décisions.

4.6 Migration progressive : de l'extension à la substitution avec des ajustements continus

Une fois les inventaires de lignes par entité établis, ils ont été envoyés à chaque entité de l'université, en commençant par les services et directions, suivis des composantes d'enseignement, puis des laboratoires. Chaque entité a également reçu un fichier d'accompagnement pour expliquer et faciliter la migration.

Des réunions ont ensuite été organisées afin de présenter le projet, expliquer la nouvelle offre de service, réaliser une revue de l'inventaire des lignes de l'entité, expliquer le processus de migration et les différentes options, répondre aux questions spécifiques et choisir une date de migration. Cette approche a permis d'assurer une transition fluide, avec des ajustements continus pour optimiser le processus tout au long du projet. Les entités pouvaient choisir de migrer en une seule fois ou par vagues. Ce modèle de migration par vagues offrait une flexibilité permettant

d'adapter les dates de transition aux contraintes spécifiques de chaque entité, tout en prenant en compte les budgets, notamment pour l'acquisition des casques.

Sur la base du volontariat, la Direction du Numérique (Dnum) et l'Espace Avenir (EAV) ont été choisies comme entités pilotes pour le déploiement de la nouvelle solution. Ce choix nous a permis de collaborer avec des personnes de notre service, à l'aise avec les outils informatiques, tout en intégrant également l'EAV, une petite entité désireuse d'expérimenter les softphones et de tester les nouvelles fonctionnalités offertes.

Une fois ces déploiements pilotes réalisés avec succès, nous avons déployé la solution dans l'ensemble de l'université, en commençant par les services administratifs et les directions, suivis des composantes et des laboratoires.

4.7 Recyclages des anciens équipements

L'Unistra disposait d'un parc important de téléphones propriétaires de l'ancien système de téléphonie, remplacés progressivement par des postes SIP ou des softphones. Bien qu'une partie de ces anciens téléphones ait été reconfigurée pour fonctionner avec la nouvelle installation, un grand nombre n'était plus compatible. Il était impensable de les jeter, c'est pourquoi nous avons lancé un marché spécifique visant à recycler les 6 000 anciens téléphones inutilisés, ainsi que tous les autres équipements, cartes, PABX, etc., qui faisaient partie de l'ancienne infrastructure.

Une grande campagne de collecte des anciens téléphones a alors été organisée, avec la participation de plusieurs vacataires et stagiaires qui ont apporté leur aide pour mener à bien cette initiative. Leur mission consistait non seulement à prendre contact avec les entités et à récupérer les anciens téléphones, mais aussi à reprogrammer ceux qui pouvaient l'être afin de les redéployer dans le parc. Cette opération a permis de récupérer environ 3 500 téléphones IP parmi lesquels presque 500 ont été reconfigurés. Plus de 3 000 ont été remis à la société de recyclage. Les 2 500 autres téléphones, étant de vieux téléphones analogiques ou numériques, ont tous été renvoyés pour être recyclés.

Environ 380 cartes réparties dans des châssis présents sur 30 sites ont été récupérées par la société de recyclage ; elle s'est également occupée de la dépollution des locaux techniques dans lesquels se trouvaient ces matériels.

5 La mise en place d'outils d'exploitation

Pour la migration et l'exploitation courante de la nouvelle solution, nous avons développé des outils supplémentaires en plus des outils fournis par l'éditeur. Notamment pour l'intégration au système d'information de l'université (l'annuaire LDAP).

5.1 Inventaires pour la migration

Un premier travail d'inventaire a été fait à partir de la solution historique pour lier les lignes existantes à des comptes dans l'annuaire LDAP central. L'ancienne solution téléphonique stockait une partie de ces informations dans un annuaire LDAP local et il s'agissait donc de faire corrélérer le système d'information téléphonique avec le système d'information utilisateur. Un script Python a été écrit, qui :

- récupérait les informations nécessaires (type de ligne, nom associé à la ligne, etc.) dans l'annuaire LDAP de la solution téléphonique ;
- récupérait les comptes dans l'annuaire LDAP de l'établissement ;
- comparait les informations des deux annuaires pour générer un résultat en JSON.

Le fichier de résultat JSON contenait, pour chaque ligne téléphonique déclarée, les informations principales de la ligne (nom du PBX, givenName, sn, type, ...), des informations de coût mappé depuis un fichier CSV (issu du système de refacturation des lignes) et surtout, une section si la ligne avait pu être réconciliée avec un compte dans l'annuaire LDAP de l'établissement.

Voici un exemple d'entrée dans le fichier JSON résultat :

```
"50000": {
  "pbxName": "N1 Mathematique",
  "givenName": "Sophie",
  "sn": "Tartempion",
  "cn": "Tartempion Sophie",
  "telephone_type": "NOE_B",
  "type": "tel",
  "is_non_nominative": false,
  "cost_infos": { "entity": "STR", "cost": "STRFANG" },
  "match": {
    "found": true,
    "cond": "cn_exact",
    "ldap": {
      "cn": "Tartempion Sophie",
      "givenName": "Sophie",
      "sn": "Tartempion",
      "is_active": true,
      "mail": [ "s.tartempion@unistra.fr" ],
      "supannEntiteAffectationPrincipale": "STR",
      "tels": [ "036885XXXX" ],
      "affectations": [ "STR", "OTH" ],
      "uid": "s.tartempion"
    }
  }
}
```

A partir de ce fichier de résultats, contenant l'ensemble des lignes téléphoniques, et un éventuel rapprochement avec un compte utilisateur, des filtres *JSON Query (jq)* étaient exécutés pour générer un inventaire global au format CSV. Ce fichier était ensuite retravaillé dans un tableur afin de produire des inventaires spécifiques par entité et conçus pour être simples d'utilisation par les gestionnaires de lignes téléphoniques en vue de préparer la migration.

Le fichier d'inventaire par entité contenait de nombreuses informations, il était assez complexe à décrypter et pouvait sembler intimidant au premier abord. Il contenait notamment des données brutes qui étaient travaillées et organisées ensuite en différents onglets selon le type de lignes, avec des propositions de migration vers la nouvelle solution de téléphonie.

Le fichier distinguait également les téléphones actuels, qu'ils soient IP ou non, pour les lignes dites « non nominatives », afin que les entités puissent anticiper d'éventuels travaux de câblage ou des évolutions technologiques pour des lignes spécifiques (portiers, alarmes, locaux techniques, etc.).

Un onglet indiquait l'ensemble des options de migration possibles en fonction des types de lignes actuelles. Ces options étaient décrites dans un fichier d'accompagnement à la migration, avec les avantages et inconvénients de chaque choix, ainsi que les fonctionnalités disponibles.

	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	CAT2 - Lignes actuelles de type Nominatives	non	CAT3 - Lignes actuelles de type Groupement	CAT4 - Lignes actuelles de type Partagées	CAT5 - Lignes non existantes à créer	OPTION ACCES	DROIT D'APPEL	LIGNE INTERNE/SDA	CAT6 - Lignes non IP
2	CAT2_O1 : Suppression de la ligne	CAT3_O1 : Suppression de la ligne	CAT4_O1 : Suppression de la ligne	CAT5_O1 : ligne nominative	softphone	Urgence + Interne	Interne	Suppression de la ligne	
3	CAT2_O2 : Migration de la ligne en ligne nominative	CAT3_O2 : Migration du groupement tel quel	CAT4_O2 : Migration de la ligne en ligne nominative	CAT5_O2 : ligne localisée	softphone + tel physique	Nationaux + Mobiles	SDA	Conservation de la ligne	
4	CAT2_O3 : Migration de la ligne de groupement	CAT3_O3 : Migration du groupement et changement des membres	CAT4_O3 : Migration de la ligne de groupement	CAT5_O3 : ligne groupement	tel physique (ligne localisée)	Internationaux			
5	CAT2_O4 : Migration de la ligne en ligne localisée		CAT4_O4 : Migration de la ligne en ligne localisée			Numéros Spéciaux			

Figure 3: Onglet du fichier inventaire contenant toutes les options de migration

Un autre onglet récapitulatif regroupait l'ensemble des lignes et se mettait à jour au fur et à mesure que des choix étaient effectués concernant la migration. De plus, les onglets complémentaires, une fois complétés, étaient utilisés pour alimenter les scripts de migration.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2			440 Lignes dans votre services (non encore migrées sur Wazo)				
3							
4			Vous avez fait le choix de migrer	0 Lignes			
5			dont	0 Nominatives			
6				0 Localisées			
7				0 de Groupement			
8							
9			Vous avez fait le choix de supprimer	0 Ligne(s)			
10			Vous avez fait le choix de créer	0 Ligne(s) (Compléter onglet CAT5)			
11			Vous n'avez pas pris de décision pour	440 Ligne(s) (Compléter les différents choix de migration)			
12			Vous aurez demain	0 Ligne(s) dans votre service (sans compter les lignes Rainbow déjà migrées)			
13							
14			Nombres de casques nécessaires	0			
15			Nombres de téléphones simples	0			
16			Nombres de téléphones d'accueil	A déterminer lors d'un rendez vous d'accompagnement			
17							
18			Nombres de prises réseau à vérifier	0 (Compléter onglet CAT6)			
19							
20			Pour information				
21			Coût annuelle de vos lignes				
22				0 euros par an			
23			Coût matériel de la migration de vos lignes				
24				0 euros			
25				0 euros			
26							
27							

Figure 4: Onglet récapitulatif regroupant l'ensemble des choix de migration par types de ligne

5.2 API et portail

La solution retenue repose sur une architecture combinant une dizaine d'APIs³ Open Source, hébergées sur les serveurs de l'Université, et d'un portail web, hébergé chez le prestataire, faisant appel à ces APIs. De par nature, les appels aux APIs sont exécutés depuis le navigateur web de l'administrateur et donc aucune donnée ne transite par le prestataire, assurant ainsi un contrôle sur les données sans avoir à gérer l'hébergement et le maintien de ce portail. En d'autres termes, le portail web du prestataire agit uniquement comme une interface (front-end) et ne traite ni ne stocke de données sensibles.

L'utilisation d'APIs Open Source offre également la flexibilité de créer des outils complémentaires adaptés à nos besoins spécifiques, comme par exemple : un outil d'intégration avec notre système de gestion des identités ou une interface simplifiée pour permettre aux utilisateurs finaux de configurer certains paramètres directement depuis notre intranet.

³ <https://wazo-platform.org/documentation/>

5.3 Développements

5.3.1 Bibliothèque Python

Le premier développement a été la création d'une bibliothèque (package) Python réutilisable par les autres outils. Cette bibliothèque modélise des lignes téléphoniques par rapport aux actions à effectuer dans les différentes APIs et à l'ajout d'informations dans l'annuaire LDAP afin de garder une cohérence dans le système d'information. Quatre types de ligne ont été modélisés :

- **les users** : lignes pour les utilisateurs nominatifs (en général des lignes WebRTC même si une ligne SIP peut être rattaché par utilisateur) ;
- **les devices** : lignes correspondant à des éléments physiques et non nominatifs (système d'audioconférence , téléphone dans les salles de réunions, ...; des lignes SIP) ;
- **les groups** : groupements téléphoniques ;
- **les queues** : les files d'attente téléphoniques.

Chaque type de ligne téléphonique est représenté par une classe Python spécifique. Tout une chaîne d'héritage d'objets a été écrite afin de n'avoir dans la classe finale d'une ligne téléphonique, que le code nécessaire aux implémentations spécifiques au type de ligne, mutualisant au maximum le code commun.

- **users** : User ← UserLine ← Line ← Ldap ← ApiClient
- **devices** : Device ← UserLine ← Line ← Ldap ← ApiClient
- **groups** : Group ← MultiLine ← Line ← Ldap ← ApiClient
- **queues** : Queue ← MultiLine ← Line ← Ldap ← ApiClient

5.3.2 Utilitaire en ligne de commande

Afin de pouvoir gérer les lignes, un utilitaire en ligne de commande (CLI) a été créé. Il a été choisi de créer une CLI de part sa relative simplicité de mise en œuvre, d'autant plus que l'ingénieur DevOps en charge des développements avait l'expertise nécessaire, ayant lui-même développé un *framework*⁴ pour la gestion de celle-ci.

La CLI permet de gérer, via une arborescence de commandes, de nombreuses actions. Elle utilise la bibliothèque précédemment citée et permet notamment, pour chacun des types de lignes, les principales actions d'affichage, de création, de mise à jour et de suppression. Comme la bibliothèque s'est écrite par itération au fur et à mesure du projet, plusieurs commandes « oneshot », ont également été créées sur mesure pour corriger en masse des informations dans la solution téléphonique ou l'annuaire LDAP. Enfin, plusieurs commandes de statistiques, notamment sur les appels au support informatique, ont été développées. Un aperçu de l'aide de la ligne de commande est en Annexe 3.

5.3.3 Wazonest

Une application nommée *Wazonest* a été développée en interne pour permettre aux utilisateurs de visualiser leur configuration sur le serveur, notamment leurs droits d'appels, et de gérer des paramètres avancés de leur ligne téléphonique ainsi que de leur boîte vocale. Elle offre également la possibilité de définir des plages horaires d'activation de la ligne, une fonctionnalité demandée par le CSAE pour respecter le droit à la déconnexion. En constante évolution, l'application permettra bientôt au support numérique de l'université de modifier, créer et supprimer des lignes de téléphone. De plus, les gestionnaires administratifs des entités pourront consulter les lignes des utilisateurs de leur entité ainsi que leurs droits d'appels.

⁴ <https://clg.readthedocs.io/en/latest/>

5.4 Déploiement automatisé des softphones avec WAPT et JAMF

Le déploiement du nouveau logiciel de téléphonie a été confié au service d'ingénierie et d'informatique de proximité de la Dnum. Celui-ci a été effectué via le logiciel WAPT pour les ordinateurs sous Windows et JAMF pour ceux sous macOS. Ces outils de gestion de déploiement permettent une distribution centralisée, simple et efficace. Cette approche réduit le temps d'installation, optimise la gestion des mises à jour et garantit une installation uniforme, assurant ainsi un environnement de travail homogène et sécurisé pour tous les utilisateurs.

Pour les ordinateurs sous Linux, le déploiement automatisé n'a pas encore été mis en place, mais il est en cours de développement. En attendant, les utilisateurs sont invités à suivre des instructions détaillées pour installer manuellement le logiciel.

Concernant les smartphones, la configuration du logiciel reste à la charge des utilisateurs eux-mêmes, selon leurs besoins et leurs préférences. Nous avons également rédigé des guides utilisateurs détaillés pour chaque système d'exploitation, accessibles sur le portail intranet de l'établissement. Ces documentations expliquent pas à pas l'installation et la configuration, avec des captures d'écran et des astuces pour résoudre les éventuels problèmes rencontrés.

5.5 Monitoring

5.5.1 Supervision

L'outil de supervision (alerting) existant à la Dnum est Centreon. En plus de la supervision classique (CPU, mémoire, disques, ...) de la machine hébergeant la nouvelle solution téléphonique, des sondes HTTP ont été rajoutées sur les URLs des différentes APIs (up, latence, etc.). Une sonde a aussi été ajoutée pour la supervision d'Asterisk, sous-jacent à la solution de téléphonie déployée.

5.5.2 Métrologie

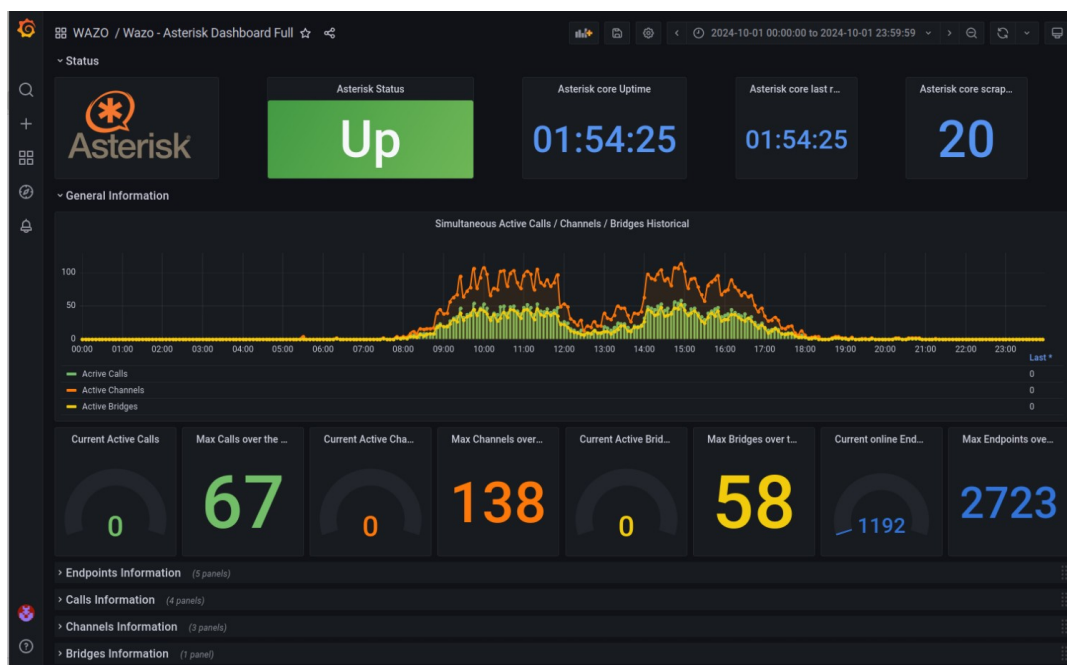


Figure 5: Tableau de bord Grafana sur Asterisk

La Dnum dispose également d'une solution de métrologie basée sur Prometheus pour le stockage des métriques (Time Series database) et Grafana pour la visualisation. Les *exporters* Prometheus ont été mis en place avec les composants : **node_exporter** pour les métriques systèmes

de la machine (CPU, mémoire, disques, nombre de fichiers ouvert, etc.) ; **postgresql_exporter** pour les métriques sur la base de données PostgreSQL ; **RabbitMQ (export inclus)** pour les métriques sur la file de message ; **Asterisk (exporter inclus)** pour les métriques sur le serveur de téléphonie.

Pour chacun des *exporters* déployés, des tableaux de bord *Grafana*⁵ étaient disponibles sur la plateforme *Grafana*, à l'exception d'Asterisk pour lequel un tableau de bord existait uniquement dans la version Cloud. Un tableau de bord⁶ a donc été créé sur mesure pour Asterisk.

5.5.3 Logs

Des configurations rsyslog sont mises en place sur les serveurs pour envoyer les journaux vers un serveur syslog centralisé. Par défaut, les APIs génèrent des journaux au format syslog, qui sont ensuite relayés et centralisés sur le serveur principal.

6 L'évolution du métier du responsable de la téléphonie et l'impact sur les différents collègues

Alors qu'auparavant, la téléphonie reposait principalement sur des technologies réseaux et télécoms telles que l'analogique et l'IP, avec un téléphone branché dans un bureau, elle est aujourd'hui largement dominée par des solutions de *softphone* sur postes de travail, soutenues par des serveurs virtuels et des applicatifs intégrant des technologies comme le *WebRTC*. C'est pourquoi, le système de téléphonie anciennement administré par le département Infrastructure de la Direction du numérique de l'université est maintenant considéré comme une application au même titre que le système de web-conférence.

En conséquence, la gestion du nouveau système de téléphonie a été confiée au département Services Métiers. Dans les faits, le responsable du système de téléphonie continu de travailler étroitement avec les gestionnaires d'infrastructure. Cette transformation demande de nouvelles compétences, notamment en systèmes, intégration, authentification, développement d'API, administration logicielle et interfaçage avec des outils tels que LDAP. Les connaissances en réseau sont toujours nécessaires notamment avec l'utilisation avancée de DHCP, par exemple.

A noter également l'impact sur les équipes d'ingénierie du poste de travail et de proximité, avec l'ajout d'un nouveau logiciel client à déployer, configurer et dépanner sur le parc des postes de travail, et avec l'ajout d'un périphérique dédié à gérer en plus : « le casque ».

7 RETEX sur le projet

Au cours de ce projet, nous avons rencontré certains imprévus, comme c'est souvent le cas dans un projet d'une telle ampleur. Voici un aperçu des défis, plus importants que prévu, auxquels nous avons dû faire face, nécessitant des adaptations supplémentaires pour les surmonter.

7.1 Le droit à la déconnexion

Lors de la présentation du projet en CSAE, pour discuter des impacts sur les personnels de ce changement, une des demandes formulées par le CSAE concernait la gestion du droit à la déconnexion, notamment dans le cadre du télétravail. Avec la migration vers la *softphonie*, les utilisateurs pouvaient emmener leur téléphone virtuel chez eux, ce qui soulevait la question de la séparation entre vie professionnelle et vie privée. Pour répondre à cette problématique, nous avons mis en place une application *Wazonest* permettant de définir des plages horaires d'activation des lignes. Ainsi, chaque utilisateur pouvait gérer la disponibilité de sa ligne en dehors des horaires de travail, assurant ainsi le respect de la déconnexion.

⁵ <https://grafana.com/grafana/dashboards/>

⁶ https://github.com/l4uc3/grafana_dashboards_asterisk

7.2 Les changements associés à la nouvelle offre de service

La mise en place de la nouvelle solution a transformé notre manière de gérer les lignes téléphoniques. Désormais, chaque ligne nominative est associée à un compte dans l'annuaire LDAP, garantissant son caractère personnel et son unicité. La contrainte induite est alors qu'il est impossible d'attribuer plusieurs personnes à un même numéro ou plusieurs lignes à une même personne. Le *softphone* permet aux utilisateurs de conserver leur numéro, même en situation de mobilité, résolvant ainsi la seconde problématique.

Cependant, certains utilisateurs occupant deux fonctions ont exprimé le besoin d'avoir des numéros distincts pour chacune de ces fonctions. Pour répondre à cette demande, nous avons fait l'analogie avec la gestion des adresses électroniques de service. Nous avons ainsi créé des numéros de service redirigeant vers les numéros des personnes en charge. Ces dernières peuvent se connecter ou non aux numéros de service en fonction de leurs jours de permanence. Cette solution permet également d'affecter plusieurs personnes à un même numéro de service, simplifiant ainsi la gestion à long terme lors des départs ou arrivées au sein d'une équipe.

7.3 Le port du casque

L'une des principales difficultés liée à ce changement n'a pas été liée à l'outil en lui-même, mais plutôt à l'utilisation d'un casque audio. Bien que de nombreux utilisateurs disposaient déjà d'un casque pour les web-conférences ou utilisaient des outils similaires au quotidien, plusieurs réserves, souvent irrationnelles, ont été soulevées. Parmi ces réticences, certaines personnes pensaient qu'elles devraient garder le casque en permanence sur les oreilles. D'autres exprimaient des préoccupations quant à la complexité de répondre au téléphone ou d'appeler avec la nouvelle solution, craignant de manquer des appels en raison du temps nécessaire pour réagir. Pour surmonter ces craintes, nous avons mis en place un accompagnement supplémentaire en choisissant des personnes volontaires dans les entités qui migraient en avance. Ces volontaires avaient pour mission de dissiper les inquiétudes.

7.4 La montée en charge des serveurs

Nous avons initialement prévu que seule une partie des utilisateurs adopterait la softphonie via le protocole WebRTC, notamment lorsqu'ils seraient en télétravail, tandis qu'au bureau, un téléphone SIP serait conservé. Cependant, le succès du *softphone*, offrant plus de fonctionnalités qu'un téléphone physique, a dépassé nos attentes. Le succès de l'utilisation du *softphone* a mis la nouvelle plateforme de téléphonie sous tension au début d'année 2023, à mi-parcours de la migration. Cette surcharge a eu des impacts pour les utilisateurs, notamment sur les connexions, les conversations et les affichages des statuts et de l'historique. Nous avons alors collaboré directement avec l'éditeur pour améliorer la montée en charge.

Nous avons organisé plusieurs séances de brainstorming avec l'éditeur et l'intégrateur et décidé de faire une pause de trois mois dans les migrations afin de stabiliser la plateforme. Plusieurs solutions ont été envisagées pour améliorer la montée en charge : une architecture capable de scalabilité verticale ou une architecture de scalabilité horizontale.

De notre côté, nous avons commencé à mettre en place une nouvelle architecture de scalabilité horizontale avec un deuxième serveur pour supporter la charge, ce qui rendait l'architecture beaucoup plus complexe, incluant un serveur SIP Kamailio. Parallèlement, l'éditeur a travaillé sur l'amélioration de la scalabilité verticale. Ils ont reproduit notre architecture et constitué une équipe dédiée pour s'attaquer à nos difficultés spécifiques de montée en charge. Grâce à plusieurs correctifs itératifs et à des échanges avec les parties prenantes, nous avons pu reprendre les migrations durant l'été 2023 avec une solution de scalabilité verticale mise en place par l'éditeur.

Cela a entraîné un retard de trois mois dans nos migrations et des coûts supplémentaires, notamment trois mois de maintenance prolongée sur l'ancien système de téléphonie.

7.5 La réticence au changement et le souhait de conserver un téléphone

La migration vers une solution de *softphonie* a suscité des réticences chez certains groupes d'utilisateurs. Lors des réunions d'accompagnement nous proposons aux représentants des entités de tenter l'aventure de la *softphonie*, en indiquant que cela offrait plus de fonctionnalités et de souplesse et que cela était équivalent aux outils de web-conférence qu'ils avaient pris l'habitude d'utiliser pendant la crise sanitaire. Au besoin, ils pouvaient par la suite ajouter un téléphone. Très peu de personnes ont souhaité redéployer un téléphone par la suite.

Ces réticences étaient quelquefois justifiées par des besoins spécifiques liés à l'activité professionnelle, aux contraintes techniques ou à un inconfort face aux nouvelles technologies. Voici certains cas pour lesquels un téléphone physique a été déployé :

- **Les professionnels en contact direct avec le public** : Les médecins, infirmier-e-s, assistant-e-s et autres professionnels devant interagir avec des personnes en face à face ont exprimé la volonté de conserver un téléphone physique. Ils ont souligné que le téléphone était perçu comme plus "inclusif" pour les personnes présentes physiquement.
- **Les employés travaillant en open space** : Le déploiement initial des *softphones* ne permettait pas de différencier les sonneries, ce qui posait un problème dans les espaces partagés. Dans ces environnements, les utilisateurs ne savaient pas quelle ligne sonnait, créant de la confusion et impactant la réactivité. Des sonneries différenciées sont maintenant possibles sur la solution. Cependant retirer les téléphones mis en place n'est pas aisé.
- **Les personnes avec des appareillages auditifs** : Le port du casque requis pour l'utilisation du *softphone* s'est révélé incompatible avec certains appareillages auditifs, rendant l'utilisation de la solution inconfortable, voire impossible pour ces utilisateurs.
- **Les personnes avec des équipements informatiques anciens** : Les utilisateurs travaillant sur des ordinateurs anciens ou des machines non compatibles avec le *softphone*, comme certains Macs dédiés à des dispositifs de recherche spécifiques, n'ont pas pu adopter les *softphones*. Cela était particulièrement problématique dans des environnements où les équipements informatiques n'étaient pas régulièrement mis à jour.
- **Les personnes sans ordinateur ou ne l'utilisant pas en continu** : Pour certains utilisateurs, notamment ceux dont l'ordinateur n'est pas allumé en permanence ou ceux sans accès informatique régulier, la solution de *softphone* n'était pas adaptée. Un téléphone physique restait la seule option possible.
- **Les personnes en rupture avec le numérique** : Certains utilisateurs « en rupture avec le numérique » ont exprimé une réticence générale à adopter de nouvelles technologies, préférant continuer à utiliser un téléphone physique avec lequel ils étaient familiers. Certains ont même souhaité garder l'ancien modèle reconfiguré avec moins d'options que les nouveaux téléphones, par crainte de la nouveauté.

À noter également ici, le paradoxe entre l'adoption du télétravail, le souhait d'avoir un *softphone* à la maison et le besoin d'un téléphone physique au bureau qui illustre les limites de l'acceptation des outils numériques en fonction des contextes de travail.

7.6 Budget

Un investissement important a été réalisé pour mener à bien le projet d'évolution de la téléphonie de l'Unistra. Cet investissement était nécessaire pour appréhender la mise en place d'une plateforme ouverte, évolutive, répondant aux nouveaux usages avec des coûts maîtrisés et des investissements pérennes. Voici un aperçu des principales lignes budgétaires :

- **Achats des nouveaux accessoires (casques et téléphones)** : La première partie du budget concerne les accessoires, tels que les téléphones et casques pour les utilisateurs. L'objectif était d'équiper l'ensemble des personnels en fonction de leurs besoins spécifiques, que ce soit pour des téléphones physiques ou des solutions *softphones* avec casques adaptés. Le montant total alloué à cette dépense s'élevait à 300 000 €.
- **Assistance à l'installation et à l'intégration** : Pour garantir une transition fluide vers la nouvelle solution, une prestation d'accompagnement a été prévue avec un partenaire spécialisé, pour un coût de 12 000 €.
- **Interconnexion des 2 solutions** : La migration progressive des systèmes impliquait une interconnexion temporaire entre les 2 systèmes de téléphonie. Cette étape a généré un coût de 1 500 €, incluant la configuration et les tests nécessaires pour assurer une continuité de service pendant la phase de transition.
- **Ressources humaines** : La gestion du projet a nécessité l'implication de plusieurs équipes avec un temps de travail réparti sur deux ans. Ces ressources ont permis de gérer les différentes phases du projet, depuis l'implémentation technique jusqu'à l'accompagnement des utilisateurs dans l'adoption de la nouvelle solution. Les contributions des ressources humaines représentent un volet central du budget, avec une forte implication de la Dnum, mais aussi de l'ensemble des acteurs des différentes entités de l'université. Ces derniers ont joué un rôle crucial dans l'accompagnement des utilisateurs tout au long de la migration. En effet, chaque entité a désigné des représentants pour aider à la révision des inventaires des lignes téléphoniques et à la sélection des solutions les mieux adaptées à leurs besoins. Ils ont également assuré le relais de communication avec leurs équipes respectives et ont contribué à la formation et à l'accompagnement des utilisateurs, notamment en ce qui concerne l'adoption des nouvelles technologies de softphonie.

Ressources / Experts	Estimation du temps sur 2 ans
Chef de projet (Dnum)	200 jours-homme
Responsable téléphonie (Dnum)	200 jours-homme
Intégration/Développement (Dnum)	200 jours-homme
Système/Réseau/Sécurité (Dnum)	50 jours-homme
Ingénierie du poste de travail (Dnum)	50 jours-homme
Migration des postes (Dnum et Entité)	150 jours-homme
Accompagnement au changement (Dnum)	100 jours-homme
Accompagnement au changement (Entité)	150 jours-homme
Rédaction de documentation et procédures (Dnum)	20 jours-homme

8 Bilan et perspectives

Le projet de migration téléphonique que nous avons mené à l'université a marqué un tournant dans la gestion des communications internes. Nous avons modernisé notre infrastructure et mis en place une offre de service plus flexible, adaptée aux nouveaux usages, tout en simplifiant la gestion des lignes.

Malgré quelques obstacles et incertitudes, les objectifs ont été atteints en novembre 2023 et l'épilogue est une réussite. Plusieurs facteurs ont contribué à ce succès : le soutien de notre gouvernance, la mise en place d'un plan de migration adapté et flexible aux besoins des entités, une équipe motivée et pluridisciplinaire, un accompagnement solide de notre intégrateur et de l'éditeur dans les moments critiques, le développement interne de scripts facilitant la migration et la gestion des lignes en masse, ainsi qu'un accompagnement au changement renforcé auprès de chaque entité.

Nous avons rencontré et accompagné individuellement tous les services centraux, toutes les composantes et laboratoires, soit près de 150 réunions. En complément, des présentations spécifiques ont été organisées pour les entités qui le souhaitent. Le soutien des correspondants informatiques et numériques a également été essentiel pour le déploiement et l'accompagnement des utilisateurs.

Sur les 7 000 lignes initiales, 2 000 ont été supprimées et 5 000 migrées vers le nouveau système. Parmi ces dernières, environ 4 000 sont des lignes nominatives attribuées aux personnels de l'université. Notre plus grande réussite est que plus de 9 utilisateurs sur 10 sont passés en pure softphonie. Les 1 000 autres lignes sont des numéros dits de service, qu'ils soient virtuels ou associés à des téléphones physiques (par exemple pour les supports, accueils, scolarités, couloirs, salles de réunion, locaux techniques, etc.). Parmi les téléphones physiques redéployés, un tiers sont des appareils recyclés, dans une démarche écoresponsable.

Depuis un an, la solution est en phase d'exploitation standard, avec nos processus habituels de maintien d'une solution applicative. Nous organisons des réunions trimestrielles avec l'éditeur pour remonter les retours utilisateurs, résoudre les éventuels problèmes, et assurer la continuité du service.

Dans les perspectives, nous continuons de travailler sur l'évolution de l'application interne *Wazonest* afin de déléguer la gestion des lignes au support numérique et aux gestionnaires de lignes dans les composantes. Nous travaillons également à l'intégration de notre outil de tchat Synapse/Matrix au *softphone* de la solution, dans le but de créer un outil de communication unifié plus complet.

Annexes

Annexe 1 : Grille technique d'analyse pour la RFI

Désignation	Fonctionnalité - présente dans la solution de base (B) - nécessitant un module complémentaire (M) - nécessitant un développement spécifique (D)	Commentaires
Coté CLIENT (téléphones SIP matériels et softphone)		
Application sur PC : Softphone (listes OS supportés pour PC) + listes fonctionnalités + prérequis		
- Application sur PC : Softphone support Windows		
- Application sur PC : Softphone support MAC OS		
- Application sur PC : Softphone support Linux		
Application sur smartphone : Softphone (listes OS supportés) + listes fonctionnalités + prérequis		
- Application sur smartphone : Softphone support IOS		
- Application sur smartphone : Softphone support Android		
Application WEB (listes fonctionnalités + prérequis)		
Téléphones SIP matériels supportés		
- téléphones de type SIP1		
- téléphones de type SIP2		
- téléphones de type SIP3		
Solution ACD		
Poste opérateur PO/PC		
Coté CLIENT (Fonctionnalités)		
détail à indiquer pour les téléphones SIP, les softphones PC et les smartphones		
Fonctionnalité : Emettre un appel		
Fonctionnalité : Recevoir un appel		
Fonctionnalité : Bis		
Fonctionnalité : Appel par le nom		
Fonctionnalité : Affichage du numéro de l'appelant		
Fonctionnalité : Affichage du nom de l'appelant (lorsque l'appelant fait partie du système / annuaire LDAP)		
Fonctionnalité : Affichage du nom de l'appelant (lorsque l'appelant est dans le carnet d'adresse personnel)		
Fonctionnalité : Renvoi d'appels sur occupation		
Fonctionnalité : Renvoi d'appels sur non-réponse.		
Fonctionnalité : Renvoi d'appels sans condition.		
Fonctionnalité : Multilingue (Langues obligatoires : Anglais, Français.)		
Fonctionnalité : Journal d'appels		
Fonctionnalité : Journal Appels manqués		
Fonctionnalité : Journal Appels reçus		
Fonctionnalité : Journal Appels émis		
Fonctionnalité : Accès Carnet d'adresse centralisé (LDAP)		
Fonctionnalité : Accès Carnet d'adresse LDAP		

Fonctionnalité : Accès Carnet d'adresse personnel		
Fonctionnalité : Filtrage patron secrétaire		
Fonctionnalité : Ne pas déranger		
Coté CLIENT (fonctionnalités portail utilisateur)		
Accessibilité pour personnes handicapées		
Accès et configuration annuaire personnalisé		
Accès annuaire LDAP de l'université		
Journal d'appel		
Accès messagerie vocale		
Gestion de la messagerie vocale		
Paramétrage sonnerie		
Paramétrage touches de poste		
Gestion des renvois		
Paramètre Présentiel		
Coté SERVEUR		
Messagerie vocale intégrée		
Synchronisation avec l'annuaire LDAP de l'université		
Couplage avec des applications de l'université (jailo, bbb, rocketchat, ...) via Web API		
Provisionnement en masse des postes		
Portail utilisateur (listes fonctionnalités) + prérequis clients		
Portail administration (listes fonctionnalités) + prérequis clients		
Type d'authentification supportée (Portail, Softphone,)		
- authentification LDAP		
- authentification SSO		
Support du chiffrement des échanges (détailler la solution)		
Sécurisation des accès des softphones hors du réseau de l'université (sans VPN)		
Connexion Trunk SIP vers opérateur SFR		
Connexion Trunk SIP vers solution ancienne solution		
Administration des comptes via API (hors interface de management)		
Administration des données via API (hors interface de management)		

Annexe 2 : Offre de service de la nouvelle téléphonie

L'Université de Strasbourg propose un nouveau service de téléphonie fixe unifié, ouvert et sécurisé, basé sur une solution de téléphonie IP Asterisk. L'offre de service de la nouvelle téléphonie fixe de l'université propose trois types de ligne de téléphone.

- La ligne de téléphone professionnelle nominative individuelle : Cette ligne est accessible depuis tout type de terminal ; un compte informatique dans le Système d'Information (SI) Unistra est obligatoire pour accéder à ce service ; l'intitulé sera automatiquement créé avec les informations « Prénoms Noms (Service) ». Si l'utilisation des équipements physiques de téléphonie est toujours possible, l'utilisation de la softphonie est fortement recommandée pour bénéficier de l'ensemble des fonctionnalités et options de la nouvelle téléphonie.
- La ligne de téléphone de mission/service (groupement) : Cette ligne accessible principalement depuis une option de groupement ; L'intitulé associé au numéro de téléphone sera préfixé du service, de la composante ou du laboratoire suivi du type Mission (ex DRH/Accueil ou ARTS/SCOLARITE).
- La ligne de téléphone localisée ou d'un équipement spécifique : Cette ligne est accessible uniquement depuis un téléphone physique fixe ; L'intitulé associé au numéro de téléphone d'un local sera du type Bâtiment/Local suivi de l'usage. (ex : ATRIUM/AT9 cours)

A noter que les téléphones dits d'urgence (type "téléphones rouges" aux accueils des bâtiments recevant du public) ou les téléphones d'alerte (ascenseurs par exemple) sont basés sur d'autres technologies et ne font pas l'objet de cette note.

Ligne de téléphone professionnelle nominative individuelle

Le service de téléphonie de l'université permet à l'ensemble des personnels (BIATSS et Enseignants/Chercheurs) de l'université de disposer d'une ligne de téléphonie individuelle professionnelle nominative avec un numéro SDA pour appeler ou être appelé depuis n'importe quel endroit avec une connexion réseau filaire, WiFi ou 4G/5G. La ligne téléphonique professionnelle nominative individuelle est accessible depuis tout type de poste informatique/ordinateur et/ou smartphone avec un numéro unique.

L'accès depuis les postes informatiques/ordinateurs et smartphones est fait en installant un logiciel simple d'utilisation appelé softphone. L'utilisation de téléphone physique fixe est encore possible, et doit être justifié (exemple : personnes avec des missions sans ordinateur, en situation de handicap, avec des fonctions particulières et ayant besoin de fonctionnalités comme le BLF. Ce choix est à la discrétion de chaque service/composante/laboratoire). L'achat des téléphones physiques est à la charge des services/composantes/laboratoires (voir la liste des téléphones supportés sur Ernest). Le compte informatique permettant d'accéder à sa ligne de téléphonique depuis un softphone est le compte informatique Unistra, dit compte « Ernest ».

L'accès à la téléphonie depuis le softphone permet plus de flexibilité dans l'utilisation de la téléphonie :

- Cela permet notamment de travailler à domicile dans les mêmes conditions qu'au bureau, puisque le numéro professionnel "suit" la localisation de l'agent et sonne sur différents postes (son ordinateur ou, le cas échéant, son téléphone mobile, etc).
- Une messagerie vocale est associée à chaque ligne téléphonique : les messages sont facilement accessibles depuis le softphone et envoyés sur la messagerie électronique du compte.
- L'affichage de la disponibilité est possible et la gestion des appareils ou des renvois automatiques sont facilités.
- Les contacts téléphoniques personnels peuvent être ajoutés simplement à l'annuaire du *softphone*.
- Des options de conférence audio à plusieurs sont disponibles de manière simple (conférence à 3 notamment). Par défaut la ligne est ouverte aux appels d'urgence, internes, nationaux et aux mobiles. L'accès à l'international et aux numéros spéciaux est soumis à validation.

Ligne de téléphone de mission/service (groupement)

Le service de téléphonie permet également de disposer de ligne de téléphonie pour des missions de l'université (accueils, supports, bourses, services techniques ...). Ces lignes ne seront pas liées à des comptes informatiques dans le SI. Ces lignes seront accessibles uniquement via une configuration spécifique sur la ligne d'un ou plusieurs personnels (groupement d'appel). Il est également possible que cette ligne soit associée à un téléphone physique fixe pour les missions d'accueil dans des lieux spécifiques.

Ligne de téléphone localisé ou d'équipement spécifique

Le nouveau service de téléphonie permet également de disposer de ligne de téléphonie dédiée à des locaux spécifiques (salle de réunions, salle de professeurs, bureaux partagés, amphithéâtres, couloirs, laboratoires, bibliothèque ...). Ces lignes ne seront pas liées à des comptes informatiques dans le SI et ne pourront pas disposer de softphone et des options associées.

Ces lignes seront accessibles uniquement sur un téléphone fixe physique. Il est possible de combiner ces lignes avec les lignes de missions. Le service de téléphonie permet également de disposer de ligne de téléphone pour des équipements spécifiques, comme les portiers, les équipements de recherche (centrifugeuse), les équipements de comptages de *phoning*, les affranchisseuses, les audioconf, etc. ou pour tout autre équipement le nécessitant. Seul le protocole SIP est supporté. Les équipements nécessitant de lignes dites analogiques sont à proscrire, la technologie étant en fin de vie. Une étude sera réalisée pour ces équipements pour trouver une solution de rechange.

Annexe 3 : Aide de l'utilitaire en ligne de commande

```

$ ./tel.py help
— help
    Print commands' tree with theirs
    descriptions.
— config
    Configuration commands
    — permissions
        Show permissions
    — ranges
        Show ranges
    — queue-opts
        Show queue advanced available options
— user
    Users commands
    — show
        Show user line informations
    — create
        Create a user line
    — update
        Update a user line
    — delete
        Delete a user line
    — check
        Check updates in Information System
— device
    Device line commands
    — show
        Show device line informations
    — create
        Create a device line
    — update
        Update a device line
    — delete
        Delete a physical line
— group
    Groups commands
    — show
        Show group line informations
    — create
        Create a group line
    — update
        Update a group line
    — delete
        Delete a group line
— queue
    Queues commands
    — show
        Show queue line informations
    — create
        Create a queue line
    — update
        Update a queue line
    — delete
        Delete a queue line
    — status
        Get agent status of a queue
    — logoff
        Logoff agents of a queue
    — dashboard
        Get agent status of a queue
— entity
    Entity commands
    — extract
        Extract entity lines informations
— user-list
    Generate a list of users emails for Sympa
— tmp
    Temporary commands
    — update_incalls
        Add long format incalls
    — update_outgoing_callerid
        Update outgoing callerid
    — sync_attach_audio
        Unset voicemail parameter 'attach_audio'
        for everybody
    — update_user_auth
        Check updates in Information System
    — sync_outgoing_callerid
        Set outgoing caller id for everybody
    — moh
        Update all users MOH, rings seconds and
        simultaneous calls
    — sync_ldap
        Sync LDAP entries with existing accounts
— stats
    Statistics commands
    — support
        Support statistics commands
        — queue
            Support queue statistics
            — performance
                Support queue performance statistics
                — daily
                    Support queue daily performance statistics
                — weekly
                    Support queue weekly performance statistics
                — monthly
                    Support queue monthly performance
                    statistics
            — stat
                Monthly statistics
                — monthly
                    Daily statistics
                — daily
                    Weekly statistics
                — weekly
            Support agents statistics
            — talk-time
                Support queue performance statistics
                — daily
                    Support agents daily talk time statistics
                — weekly
                    Support queue weekly talk time statistics
                — monthly
                    Support queue monthly talk time statistics
            — sessions
                Support agents monthly sessions statistics
                — monthly
                    Support agents daily sessions statistics
                — daily
                    Support agents weekly sessions statistics
                — weekly
                    Line statistics for Marianne
    — marianne

```