



RESTENA :
l'épopée d'une
infrastructure

//

RESTENA:
*the story of an
infrastructure*

FR • Depuis la fin des années 1980, le gouvernement luxembourgeois soutient et accompagne activement le développement d'un réseau dédié aux besoins spécifiques de la recherche et de l'éducation luxembourgeoises sous la forme du projet RESTENA, le Réseau Téléinformatique de l'Éducation Nationale et de la Recherche. Une infrastructure de pointe, sécurisée et fiable, est un atout nécessaire mais avant tout une ressource technique indispensable pour ces deux secteurs fondamentaux porteurs de l'avenir de notre société, la recherche et l'éducation.

Le projet initial, né à une époque où les réseaux étaient fractionnés et les raccordements internationaux se mettaient seulement en place, s'est vu confirmé par l'essor des réseaux, de l'informatique, des technologies de l'information et de la communication ; l'utilisation de ces éléments par tous les pans de la société et surtout l'importance cruciale et centrale que ceux-ci ont pris dans nos sociétés modernes n'auraient à l'époque pu être anticipées de la sorte. Au fil des décennies, la société a évolué, elle s'est transformée en emportant dans son sillon son lot d'évolution et de révolution numériques.

Avec le soutien des deux ministères de tutelle, et dans une quête constante d'amélioration et d'anticipation, le réseau RESTENA a su se développer tout en étant réactif et à l'avant-garde des besoins rencontrés tout au long de son évolution. S'y ajoute le soutien des instances européennes, essentiel à la collaboration forte entre réseaux de recherche européens, qui a fourni à l'Europe et ses chercheurs une infrastructure que le monde nous envie. Ce contexte a indéniablement été une pierre angulaire dans la réussite de RESTENA, réussite qui a largement dépassé les ambitions initiales. Rapidement et naturellement, en prenant à sa charge la gestion de l'infrastructure du .lu et la mise en place du tout premier nœud d'échange de trafic, RESTENA a mis le pied à l'étrier d'un secteur économique naissant, qui est devenu aujourd'hui un pilier des ambitions du Luxembourg.

EN • *Since the late 1980s, the Luxembourg Government has actively supported and backed the development of a network dedicated to the specific needs of research and education in the country: the Réseau Téléinformatique de l'Éducation Nationale et de la Recherche (RESTENA). These two sectors will play a key role in leading the country into the future, and they benefit, in Luxembourg, from cutting-edge, secure and reliable infrastructure.*

The project was first set up in a period when networks were fragmented and international connections were only just being established. It was the explosion of networks, computing, and information and communication technologies that cemented RESTENA's place in Luxembourg. It could not have been anticipated at the time that these technologies would be used by all sections of society or, in particular, that they would take on such crucial and central importance in modern societies. Digital evolution and revolution over the decades have brought social change in their wake.

With the support of the two ministries to which it reports, RESTENA has constantly, throughout its history, striven to improve itself and stay ahead of the curve, developing in a way that meets needs before there is even an awareness of them. In addition, RESTENA has the support of the European authorities, which is essential for the close collaboration between research networks that has given Europe and its researchers infrastructure that is the envy of the world. That context has undeniably been instrumental in the success RESTENA has enjoyed, success that has comfortably exceeded initial ambitions. By quickly and straightforwardly taking responsibility for managing the infrastructure of the .lu domain name and establishing the country's very first internet exchange point, RESTENA fired the starting gun for an emerging economic sector that has become central to Luxembourg's current ambitions.

Souvent dans l'ombre, la Fondation Restena garantit le bon fonctionnement de diverses infrastructures critiques et contribue de façon sensible au bon fonctionnement de la recherche et de l'éducation ainsi qu'au tissu économique national dépendant d'un Internet fiable. Tant les efforts et investissements que le soutien des ministères successifs ayant eu dans leurs attributions les portefeuilles Recherche, Enseignement supérieur et Éducation nationale ont conféré à l'enseignement et à la recherche au Luxembourg une base solide pour assurer des services au quotidien et, en 2020, pour affronter les changements brutaux imposés par la crise sanitaire. L'infrastructure réseau est et sera un pilier essentiel pour l'éducation et les défis du numérique auxquels sont confrontés élèves, étudiants et l'ensemble du corps enseignant. Elle constitue également une fondation solide qui soutiendra la stratégie nationale de la recherche et de l'innovation pour faire du Luxembourg à l'horizon 2030 une société de la connaissance durable, diverse et numérique. ●

Often in the background, the Restena Foundation ensures the smooth running of various pieces of critical infrastructure and makes a noticeable contribution to keeping the country's research, education and very economic fabric going; they are all dependent on a reliable internet connection. The work, investment and support enjoyed by successive ministers with the research, higher education and national education system portfolios have given educators and researchers in Luxembourg a solid platform for delivering day-to-day services and, in 2020, for tackling the abrupt changes imposed by the health crisis. Network infrastructure is and will remain at the heart of education and of the challenges faced by pupils, students and all educators in relation to the digital world. It also represents robust foundations on which to build the national research and innovation strategy for turning Luxembourg into a sustainable, diverse and digital knowledge society by 2030. ●



SIP / Yves Körtum

Claude Meisch

Ministre de l'Éducation nationale, de l'Enfance et de la Jeunesse – Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche // Minister of Education, Children and Youth – Minister of Higher Education and Research

FR • Principales dates-clés ayant marqué l'arrivée, le développement et l'évolution de l'infrastructure réseau nationale interconnectant les institutions luxembourgeoises des secteurs de la recherche et de l'éducation et les infrastructures permettant le bon fonctionnement du réseau Internet au Luxembourg.

EN • Key dates that marked the setting-up, development and evolution of the national network infrastructure interconnecting Luxembourg's research and education institutions, and the infrastructure enabling the internet to work properly in Luxembourg.

FR • Groupe de travail national sur la mise en place d'un réseau informatique interconnectant les élèves au Luxembourg

EN • National working group on setting up a computer network interconnecting Luxembourg students

FR • Intégration du réseau luxembourgeois pour la recherche et l'éducation dans la communauté européenne des réseaux nationaux de recherche et d'éducation

EN • Incorporation of the Luxembourg network for research and education into the European community of national research and education networks

FR • Connexion du Luxembourg à l'Internet

EN • Luxembourg's connection to the internet

FR • Implémentation du premier réseau informatique européen à haut débit pour le monde de la recherche

EN • Establishment of the first European high speed network for the world of research

1985

FR • Tenue au Luxembourg du premier workshop dédié à l'éventuelle mise en place d'un réseau européen pour la recherche et l'éducation

EN • Holding in Luxembourg of the first workshop dedicated to the potential creation of a European research and education network

1987

FR • Lancement du projet de mise en place d'un réseau national pour la recherche et l'éducation au Luxembourg

EN • Launch of the project to create a national research and education network in Luxembourg

1989

1990

1991

FR • Lancement des premiers services réseau pour les acteurs de la recherche et de l'éducation au Luxembourg

EN • Launch of the first network services for those involved in research and education in Luxembourg

1992

1994

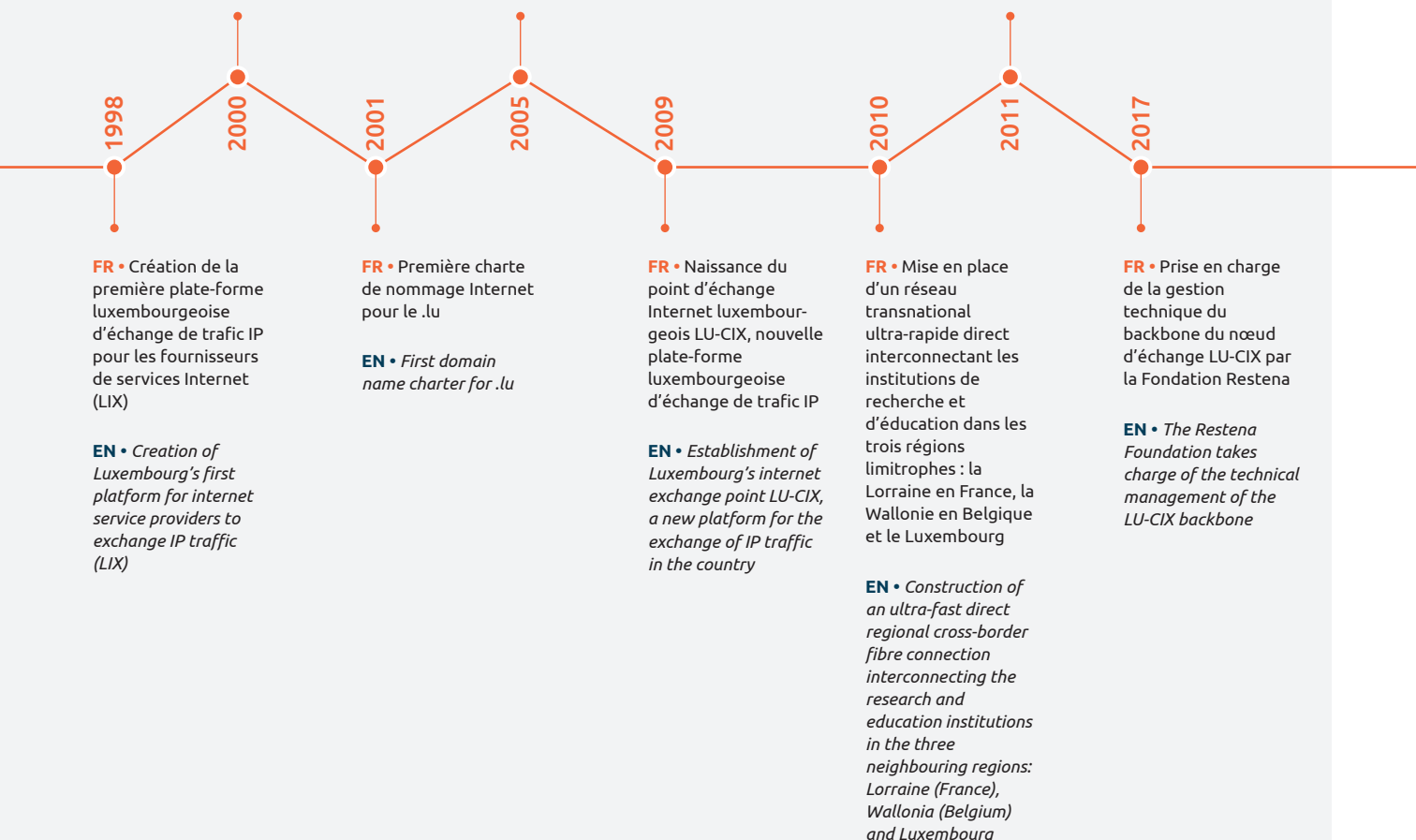
FR • Première connectivité internationale des réseaux de recherche européens

EN • First international connectivity of European research networks

1997

FR • Loi luxembourgeoise sur les télécommunications (loi du 21 mars 1997), portant notamment sur la création d'un environnement concurrentiel pour le secteur des télécommunications et le libre exercice des activités de télécommunications dans le respect des dispositions légales

EN • Luxembourg Telecommunications Act (act of 21 March 1997) on, among other things, the creation of a competitive marketplace for the telecommunications sector and free engagement in telecommunications activities that comply with the legislation



page	
10	Un réseau de recherche et d'éducation, une innovation
11	Le commencement
16	Perspective européenne et internationale
19	Connexion au monde
24	Entre développement et diversification
25	Création et gestion du .lu
30	Connexion toujours plus importante et influente
38	Élargissement au-delà de la recherche et de l'éducation
44	Des services réseau sur-mesure
45	Pour des services adaptés à la recherche et à l'éducation
51	Soutien aux politiques nationales
57	Assurer la sécurité numérique
62	Vision d'avenir
63	Une volonté de connexion
69	Ambition luxembourgeoise

<i>page</i>	
10	<i>An innovative research and education network</i>
11	<i>Origins</i>
16	<i>European and international perspective</i>
19	<i>Connection to the world</i>
24	<i>Between development and diversification</i>
25	<i>Creation and management of .lu</i>
30	<i>An increasingly important and influential connection</i>
38	<i>Expansion beyond research and education</i>
44	<i>Bespoke network services</i>
45	<i>For services suited to research and education</i>
51	<i>Support for national policy</i>
57	<i>Ensuring digital security</i>
62	<i>Vision of the future</i>
63	<i>The drive to connect</i>
69	<i>Ambitions for Luxembourg</i>

1

Un réseau de recherche
et d'éducation, une
innovation

//

*An innovative research and
education network*

Le commencement

FR • Créée en 2000, la Fondation Restena tire ses origines d'un projet lancé onze ans plus tôt, bien avant la connexion du Luxembourg au réseau Internet. Ce projet s'est rapidement concrétisé et a permis au personnel éducatif et aux chercheurs luxembourgeois de bénéficier d'une connexion performante, dédiée et reliée à l'international.

Tout commence à la fin des années 80 lorsqu'une discussion voit le jour avec pour sujet la mise en place d'un réseau informatique interconnectant les écoles. L'idée était de réfléchir globalement à l'informatisation des établissements et aux influences possibles des nouvelles technologies sur l'enseignement. Un groupe de travail réunissant des représentants du ministère de l'Éducation nationale, de l'Administration des Postes & Télécommunications (désormais POST Luxembourg), du Centre informatique de l'État (désormais Centre des technologies de l'information de l'État) et de l'Institut supérieur de technologie (désormais Université du Luxembourg), parmi lesquels Théo Duhautpas et Antoine Barthel, a ainsi été mis en place pour élaborer un premier projet de réseau national baptisé RESTENA (Réseau Téléinformatique de l'Éducation Nationale).

À l'origine prévu pour les écoles et les lycées, ce réseau devait principalement être destiné aux enseignants du

Origins

EN • Established in 2000, the Restena Foundation has its roots in a project launched 11 years earlier, well before Luxembourg was connected to the internet. The project quickly resulted in Luxembourg's educators and researchers being able to enjoy a dedicated high-performance connection to the rest of the world.

It all began at the end of the 1980s, when a debate began on setting up a computer network to interconnect schools. The idea was to think in general terms about the computerisation of schools and the potential influences of new technologies on teaching. Accordingly, a working group comprising representatives of the Ministry of National Education, the Postal and Telecommunications Authority (now POST Luxembourg), the 'Centre Informatique de l'État' (now the Government IT Centre) and the 'Institut supérieur de technologie' (now part of the University of Luxembourg), who included Théo Duhautpas and Antoine Barthel, was set up to produce an initial plan for a national network dubbed RESTENA, which stands for 'Réseau Téléinformatique de l'Éducation Nationale' (National Education Computer Communication Network).

Originally designed for primary and secondary schools, the network was to be aimed primarily at secondary-level teachers with home offices, who needed to be able to exchange emails and files, to use resources and to access data



Les premiers bureaux de RESTENA au Luxembourg-Kirchberg // The first RESTENA offices, in Luxembourg City's Kirchberg district

THÉO DUHAUTPAS

« C'était une chance pour le Luxembourg que l'éducation nationale et la recherche aient bénéficié, dès le départ, d'un réseau commun. Cette stratégie nous est encore bénéfique aujourd'hui. »

"The fact that Luxembourg's national education system and research community used the same network from the outset represented an opportunity for the country. We are still benefitting from that strategy today."



Théo Duhautpas, responsable du projet RESTENA et directeur de la Fondation Restena de 2000 à 2015 //
Leader of the RESTENA project and Director of the Restena Foundation from 2000 to 2015

secondaire qui avaient leurs bureaux à domicile et qui avaient besoin de pouvoir échanger des e-mails, des fichiers, d'utiliser des ressources et d'accéder à des banques de données. Mais le groupe a rapidement décidé de concevoir RESTENA plutôt comme un réseau plus large, destiné à couvrir également les besoins des institutions d'enseignement supérieur de l'époque, mais aussi des centres de recherche publics alors tout juste en voie de création. Un choix également motivé par le fait que le Luxembourg ne possédait à ce moment-là qu'un seul et même ministère en charge de l'éducation nationale et de la recherche et, par conséquent, des budgets et des fonds partagés. Une aubaine qui a évité que ces secteurs ne créent, chacun de leur côté, leur propre réseau, unicité dont le Luxembourg tire aujourd'hui encore des avantages.

Ainsi défini et accepté par le ministère de l'Éducation nationale, le projet RESTENA prend ses quartiers au sein du CRP¹ Henri Tudor (désormais *Luxembourg Institute of Science and Technology*), sur le plateau du Kirchberg à Luxembourg. Un lieu idéal et judicieux grâce à sa proximité avec les nouveaux centres de recherche en plein développement et la communauté de chercheurs qui les fréquentaient. Afin de garantir une grande flexibilité dans le développement du projet, le personnel opérationnel était engagé par le CRP Henri Tudor et mis à disposition exclusive de RESTENA.

Dès lors, les choses s'accélérent. Objectif suivant : connecter le Luxembourg à Internet. Pour ce faire, RESTENA avait besoin de trois choses : l'attribution d'adresses IP, la gestion du domaine national .lu et une connexion physique vers un point d'accès dans l'Internet global. Première étape : envoyer aux États-Unis une demande d'attribution d'adresses IP à Joyce Reynolds, assistante de Jon Postel, considérés tous deux comme les pionniers d'Internet et qui assumaient alors les premières fonctions de l'IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*), autorité

banks. However, the group quickly decided to instead design RESTENA a more extensive network; in addition, the intention was to meet the needs of the higher education institutions of the time, but also those of the public research centres, which were then just in the process of being established. An additional motivation for this choice was the fact that Luxembourg then had a single minister with responsibility for the national education system and research, which actually had pooled budgets and funding. This arrangement prevented these sectors from creating their own networks; Luxembourg is still benefitting from it today.

Having been set out along these lines and accepted by the Ministry of National Education, the RESTENA project took up residence in the CRP¹ Henri Tudor (now part of the Luxembourg Institute of Science and Technology) in Luxembourg City's Kirchberg business district. This well-chosen spot was ideal, thanks to its proximity to the new research centres that were in the process of being established and the community of researchers who were to be found in those centres. In order to ensure that the project would develop in a very flexible way, the CRP Henri Tudor hired operational staff and made them available exclusively to RESTENA.

From that point on, things picked up pace. The next goal was to connect Luxembourg to the internet. For this to be achieved, RESTENA needed three things: allocation of IP addresses, management of the .lu country code top-level domain and a physical connection to an access point to the internet. Stage one was to send a request for IP address allocations to Joyce Reynolds, assistant to Jon Postel, both of whom are considered internet pioneers and were, at that time, taking on the initial functions of the Internet Assigned Numbers Authority, which is the key gatekeeper for any country wanting to connect to the internet. On 14 February 1992, RESTENA was allocated some 65,536 IP addresses, which was easily sufficient for its needs. Stage two

Comment demander des adresses IP quand vous n'avez pas encore de connexion à Internet ?

C'était la question qui se posait en 1992. Car la demande devait se faire par e-mail et nécessitait de trouver et d'utiliser un compte e-mail SMTP¹ connecté à Internet. Pour le Luxembourg, la solution s'est présentée en la personne de Rom Kieffer, un ancien étudiant de Théo Duhautpas devenu responsable informatique à l'Université de Calgary (Canada), qui a ouvert un compte pour le projet RESTENA sur ses machines connectées à Internet et au réseau X.25, donc accessibles depuis RESTENA.

How do you request IP addresses when you do not yet have an internet connection?

That was the question in 1992 because the request had to be made by email, and an internet-connected SMTP¹ email account had to be found and used. For Luxembourg, the solution came in the form of Rom Kieffer, a former student of Théo Duhautpas, who had become Head of IT at the University of Calgary (Canada); he opened an account for the RESTENA project on its machines connected to the internet and to the X.25 network, which meant RESTENA could access them.

¹ SMTP : Simple Mail Transfer Protocol



Premiers routeurs de RESTENA et du ministère de l'Éducation Nationale ayant permis les premières connexions IP (face avant, face arrière) // The first routers used by RESTENA and the Ministry of National Education, enabling the first IP connections (front, back)

incontournable pour tout pays voulant se connecter à Internet. Le 14 février 1992, RESTENA se voit mettre à disposition quelque 65 536 adresses IP, amplement suffisantes pour ses besoins. Deuxième étape : obtenir de la part de Jon Postel, ultime autorité qui décidait au cas par cas à qui déléguer la responsabilité de la gestion du domaine national, la gestion de .lu. Et avant cela, convaincre le ministère de l'Éducation nationale que RESTENA était le bon choix, par ses compétences, pour endosser un tel rôle. Finalement, le 3 mars 1992, RESTENA reçoit l'autorisation de gestion du domaine national. Troisième et dernière étape : établir une connexion physique. La connexion internationale réalisée consistait en deux lignes 64 kbit/s établies sur les nœuds d'EuropaNET à Bruxelles (Belgique) et Berne (Suisse) auxquels RESTENA était connecté dans le cadre du projet COSINE². La connexion vers les États-Unis fut mise à disposition par IBM, MCI et NSF (*National Science Foundation*). À partir de cette date, le Luxembourg était le 34^e pays à se connecter à Internet.

Précisons qu'à cette époque, Internet servait davantage aux projets de recherche et dans une moindre mesure à l'éducation, pour laquelle l'outil était principalement réservé aux enseignants, connectés à domicile et désireux de pouvoir échanger des documents, de communiquer entre eux et d'avoir accès à des banques de données. Plus tard, face au boom du multimédia, l'Internet commercial se développe et les écoles prennent rapidement conscience de l'intérêt de la télématique pour l'enseignement : RESTENA accompagnera les premiers acteurs commerciaux luxembourgeois et les classes du pays dans leur tournant numérique, en leur proposant rapidement une connexion à l'Internet global.



Premier logo de Restena // First logo of Restena
1992 - 2000

was obtaining from Jon Postel, who had the final say, deciding on a case-by-case basis, on who should manage the .lu country code top-level domain. Prior to that, the Ministry of National Education had to be convinced that RESTENA was, in view of its expertise, the right choice to take on that role. Eventually, on 3 March 1992, RESTENA received authorisation to manage the country code top-level domain. The third and final stage was establishing a physical connection. The international connection that was installed consisted of two 64 kbit/s lines laid to the EuropaNET nodes in Brussels (Belgium) and Bern (Switzerland); RESTENA was connected to EuropaNET as part of the COSINE² project. The connection to the United States was provided by IBM, MCI and the US National Science Foundation. As of that date, Luxembourg became the 34th country to be connected to the internet.

It should be made clear that, at the time, the internet was used mainly for research projects and, to a lesser extent, for education; as such, it was a tool mainly reserved for educators with connections at home and wanted to be able to exchange documents, communicate with each other and access data banks. Later, with the multimedia boom, the commercial internet developed and schools quickly became aware of how useful the web could be for teaching. By swiftly offering them internet connections, RESTENA would support Luxembourg's major companies and the country's classrooms in going digital.

In view of these changes in the network and the services offered, however, RESTENA would have to review its legal status at the end of the 1990s, if only in order to be able to charge for its services, in particular as regards domain

² COSINE : Cooperation for Open Systems Interconnection Networking in Europe

Mais à la fin des années 90, face à cette évolution du réseau et des prestations offertes, RESTENA doit revoir son statut juridique, ne serait-ce que pour facturer ses services, notamment en matière d'attribution de noms de domaine. En effet, les demandes en la matière ne cessent d'augmenter – entre 50 et 100 fax de requêtes par jour. Qui plus est, RESTENA se devait de participer activement aux projets européens comme ceux de DANTE³ et TERENA⁴, avant qu'ils ne fusionnent pour créer GÉANT, dont la Fondation Restena est aujourd'hui encore un membre actif. Sans compter que pour faire face aux développements rapides dans le domaine des réseaux et des services informatiques, une gestion du personnel flexible était requise. Toutes ces raisons conduisent le Luxembourg, à l'instar d'autres pays comme la Suisse ou les Pays-Bas, à attribuer le statut de fondation à RESTENA, avec comme membres fondateurs les institutions de recherche et d'enseignement supérieur ainsi que les ministères ayant dans leurs attributions la recherche, l'enseignement supérieur, l'éducation nationale et les finances.



Logo de Restena 2010-2019 // Logo of Restena 2010-2019

Après avoir obtenu le feu vert du ministre de la Justice, l'acte notarié est signé le 19 juin 2000 : RESTENA donne vie à la Fondation Restena, avec Théo Duhautpas et Antoine Barthel pour directeurs. La fondation embauche dès lors son propre personnel, huit employés au départ. Ce nouveau statut donna au projet initial la flexibilité opérationnelle nécessaire pour suivre de près les développements techniques en matière de réseau et acquérir le label « réseau de recherche », autrement dit réseau à la pointe du progrès. En 2015, la Fondation Restena quitte le Kirchberg pour s'implanter dans le sud du pays au cœur du quartier Belval fraîchement sorti de terre – alors également connu sous le nom de Cité des Sciences – à Esch-sur-Alzette. Son installation à proximité de ses partenaires nationaux intégrant également le site, tels que les centres de recherche et l'Université du Luxembourg, souligne sa qualité d'infrastructure nationale, indispensable à la communauté universitaire et de recherche. ●

name allocation. Indeed, ever more applications in this area kept on coming in: 50-100 faxed requests per day. RESTENA was also required to play an active part in European projects, such as DANTE³ and TERENA⁴; these were later merged to form GÉANT, of which the Restena Foundation remains an active member to this day. Furthermore, the flexible administration of staff was required in order to handle developments in the fields of networking and IT services. All of those reasons led Luxembourg to follow the example of other countries, such as Switzerland and the Netherlands, in granting RESTENA foundation status; the country's research and higher education institutions and the ministries responsible for research, higher education, the national education system and finances were the foundation's founding members.

After receiving the green light from the Ministry of Justice, the paperwork was completed on 19 June 2000: RESTENA became the Restena Foundation,

with Théo Duhautpas and Antoine Barthel as directors. From that point onwards, the Foundation hired its own staff, initially comprising eight employees. Its new status had given the initial project the necessary operational flexibility to closely follow web-related technical developments and become recognised as a "research network", in other words a cutting-edge network. In 2015, the Restena Foundation left Luxembourg City for a new home in the south of the country: the Cité des Sciences, in the heart of the recently redeveloped brownfield site known as the Belval district, Esch-sur-Alzette. Its establishment in close proximity to partner institutions also based on that site, such as the research centres and University of Luxembourg, emphasises its status as part of the national infrastructure, indispensable to the university and research community. ●

³ DANTE : Delivery of Advanced Network Technology to Europe

⁴ TERENA : Trans European Research and Education Networking Association

Perspective européenne et internationale

FR • En parallèle à son développement au niveau national, le projet RESTENA a tenu une place importante dans le développement des réseaux au niveau européen. En outre, sous l'impulsion de la Communauté européenne, des initiatives similaires à celles de RESTENA étaient en cours dans d'autres pays voulant eux aussi se doter d'un réseau national. Tous ces NREN (*National Research and Education Networks*) avaient pour objectif la mise en réseau des institutions nationales de l'enseignement supérieur, donc en premier lieu des universités et des centres de recherche. Mais au Luxembourg, RESTENA a eu dès le départ l'ambition d'inclure immédiatement l'ensemble de l'éducation nationale, y compris l'enseignement primaire et secondaire, et la communauté de la recherche dans un seul réseau national. Une décision stratégique importante qui a permis d'éviter l'éclatement en différents réseaux nationaux et dont l'unicité a été préservée avec soin au fil des ans. Car le fait de développer, dès sa création, un réseau unique pour interconnecter les acteurs de tous les niveaux de l'enseignement à ceux de la recherche a distingué RESTENA des autres réseaux en cours de développement en Europe, où la tendance était de se concentrer sur la recherche et l'enseignement supérieur. Une ouverture similaire de ces réseaux aux écoles ne viendra qu'une décennie plus tard dans un certain nombre de pays de l'Union européenne, l'Allemagne ne disposant toujours pas d'une telle configuration aujourd'hui par exemple. Le Luxembourg a dès lors fait figure de pionnier sur le plan européen.



Les réseaux de recherche et d'éducation se sont progressivement implantés dans le paysage européen à partir des années 1980. Il faut dire qu'en 1985 déjà, un premier workshop dédié à l'éventuelle mise en place d'un réseau européen pour la recherche et l'éducation, sous forme d'une interconnexion des réseaux nationaux, avait réuni une dizaine de pays à Luxembourg. Sous les conseils de Pierre Decker, qui deviendra président de la Fondation Restena de 2000 à 2010, deux de ses futurs directeurs, Théo Duhautpas et Antoine Barthel, ont pris part dès 1990 à des réunions internationales en rejoignant l'association RARE⁵, résultat concret de ce workshop. RESTENA

European and international perspective

EN • *In parallel with its development at the national level, the RESTENA project played an important part in the development of European-level networks. At the initiative of the European Community, other initiatives, similar to those of RESTENA, were also underway in other countries that wanted to have their own national network. The purpose of all these national research and education networks (NRENs) was the networking of national higher education institutions, first and foremost universities and research centres. In Luxembourg, however, RESTENA had the ambition, from the outset, of immediately including the entire national education system, including primary and secondary schools, in a single national network with the research community. This important strategic decision prevented the network from fracturing into separate parts; the unique network it created has been preserved down the years. The fact that RESTENA had, since its inception, developed a unique network to interconnect all those involved in all levels of teaching with those engaged in research set it apart from the other networks that were being developed in Europe, where the tendency had been to concentrate on research and higher education. Those networks would not open up to schools in a similar way until a decade later, and then only in some European Union countries; Germany, for example, still does not have that sort of system. This makes Luxembourg a pioneer within Europe.*

Research and education networks gradually became established parts of the European landscape from the 1980s onwards. It must be said that the first workshop dedicated to the potential creation of a European research and education network, in the form of interconnected national networks, took place as early as 1985, when it brought representatives from some 10 countries to Luxembourg. That workshop resulted in the international meetings of the RARE in which Théo Duhautpas and Antoine Barthel, two future directors of the Restena Foundation, would take part from 1990 onwards, on the advice of Pierre Decker, who would become President of the Foundation from 2000 to 2010. RESTENA would join RARE⁵ just a few months after the official launch of the RESTENA network. That deci-

⁵ RARE : Réseaux Associés pour la Recherche Européenne // Associated European Research Network

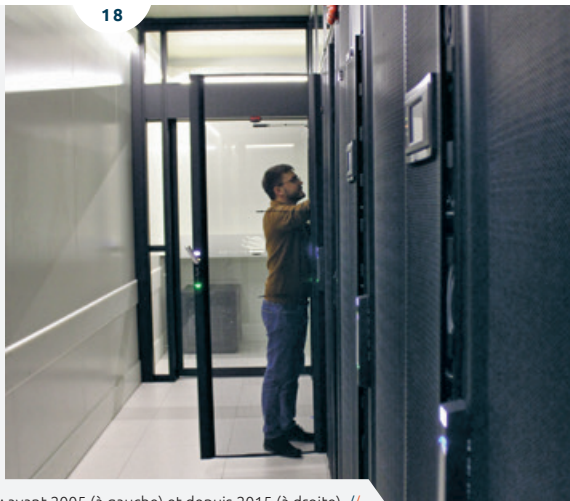
ROBERT KERGER

« La politique numérique a toujours été une priorité pour le gouvernement. Le pays ne voulait pas manquer le coche et a toujours soutenu les recherches en la matière, y compris RESTENA. »

“Digital policy has always been a priority for the government. The country did not want to miss the boat and has always supported research into this area, including RESTENA.”



Robert Kerger, conseiller au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et président du Conseil d'administration de la Fondation Restena // *Adviser to the Ministry of Higher Education and Research and President of the Board of Directors of the Restena Foundation*



18
Salle serveurs de la Fondation Restena : avant 2005 (à gauche) et depuis 2015 (à droite). //
The Restena Foundation's datacenters: before 2005 (left) and since 2015 (right)

intégrera cette association quelques mois à peine après le lancement officiel du réseau RESTENA. Une décision qui a permis au pays d'être représenté au niveau européen, de s'aligner aux autres pays de l'Union européenne, mais aussi de bénéficier de financements communautaires. S'en suivra un engagement dans le projet de recherche COSINE, auprès d'une vingtaine d'autres pays européens. Ces collaborations internationales dans les associations regroupant les réseaux de recherche en Europe auront notamment aidé RESTENA à se connecter pour la première fois à l'Internet global en mars 1992.

En l'an 2000, en faisant de son projet initial une fondation, le Luxembourg coche dès lors toutes les cases pour être reconnu comme NREN à part entière. Le pays est désormais doté d'une organisation indépendante présentant un statut juridique, sans but lucratif, financé directement ou indirectement par l'État. Sa participation active aux projets de recherche et aux projets de développement d'une infrastructure de réseau de recherche aux niveaux national et européen ainsi que sa qualité de membre des organisations et des associations regroupant tous les NREN européens ont permis à RESTENA de participer à des projets de recherche dans le contexte des réseaux et surtout de devenir le partenaire national de l'association GÉANT, née en 2013 suite à la fusion de DANTE et TERENA, ainsi que du réseau du même nom, projet phare de la Commission européenne. Depuis lors, RESTENA est directement relié aux réseaux de recherche mondiaux et peut offrir des services de connectivité de haute qualité pour la réalisation de projets de recherche internationaux, à l'université ou dans les centres de recherche. Où qu'il soit, un chercheur ou un professeur dispose ainsi de la meilleure connectivité possible à travers le monde et, de fait, d'un accès au réseau de recherche et d'enseignement mondial ; un service devenu indispensable dans le contexte professionnel d'aujourd'hui. ●

tion enabled Luxembourg to be represented at the European level, to bring itself into line with other European Union countries, and to benefit from EU funding. This resulted in involvement in the COSINE research project, along with some 20 other European countries. International partnerships within associations of European research networks have, among other things, helped RESTENA to connect to the internet for the first time in March 1992.

In 2000, having turned its initial project into a foundation, Luxembourg ticked all the boxes for being recognised as a full-fledged NREN. At that point, RESTENA was an independent non-profit organisation with legal status, funded directly or indirectly by the state. Its active participation in research projects and in projects to develop research network infrastructure at the national and European levels, along with its status as a member of organisations and associations bringing together all European NRENs, enabled RESTENA to take part in research projects within networks and, in particular, to become the Luxembourg partner of the GÉANT association, which resulted from the 2013 merger of DANTE and TERENA, and of the network of the same name, which is a European Commission's flagship project. Since then, RESTENA has been directly linked to global research networks and can offer high-quality connectivity services, enabling universities and research centres to conduct international research. This means that, wherever they are, researchers and educators have the best possible connectivity to the whole world, and actually have access to the global research and teaching network. This service has become indispensable in today's working world. ●

Connexion au monde

FR • Après l'installation de son premier serveur réseau de type microVAX3300 en 1990, RESTENA connecte très rapidement son infrastructure au X.400, un ensemble de recommandations émises en 1988 par l'UIT⁶ définissant le système de traitement de message (STM), principal composant d'un système de messagerie. En parallèle, le réseau RESTENA intègre RARE et peut offrir, dès 1991, des services de messagerie dédiés au secteur de la recherche et de l'éducation à travers le monde. Le Luxembourg a ainsi pu très rapidement connecter l'ensemble des établissements de l'enseignement supérieur et de la recherche non seulement entre eux mais également avec leurs confrères européens.

Cette première étape dans la mise en place d'un réseau au Luxembourg a constitué un pas crucial dans l'établissement d'un réseau de recherche et d'éducation national toujours plus performant. Progressivement, dès le début des années 90, chercheurs, enseignants et élèves bénéficient d'une infrastructure unique en son genre.

Toujours avec RARE, le réseau RESTENA s'engage quelques mois après sa création auprès d'une vingtaine d'autres réseaux de recherche européens dans le projet de recherche européen COSINE financé par le programme Eurêka. Dès 1990 et pendant 3 ans, portés par l'ambition d'établir une infrastructure paneuropéenne de communication informatique conforme aux normes de

X.400

Suite de recommandations émises par l'Union internationale des télécommunications (UIT) pour un service de messagerie à la fin des années 1980, X.400 se base initialement sur les protocoles OSI². Le format de ce service alors mis en place était assez complexe : l'adresse de contact s'écrivait C=LU;ADMD=PT;PRMD=RESTENA;O=RESTENA;S=ADMIN, alors que l'adresse équivalente dans le monde SMTP, basé sur les protocoles IP³, se limite à admin@restena.lu

X.400

In line with the late-1980s International Telecommunication Union (ITU) recommendations for a messaging service, X.400 was initially based on the OSI² protocols. The format of the service set up at the time was fairly complex: the contact address was written "C=LU;ADMD=PT;PRMD=RESTENA;O=RESTENA;S=ADMIN"; in the SMTP world, meanwhile, the equivalent IP-based³ address is simply "admin@restena.lu".

² OSI : Open Systems Interconnection

³ IP : protocole Internet // Internet Protocol

Connection to the world

EN • Very soon after installing its first MicroVAX 3300 network server in 1990, RESTENA brought its infrastructure into line with X.400, a series of recommendations issued in 1988 by the ITU⁶ defining message handling systems, which are the main component of a messaging system. At the same time, the RESTENA network joined RARE and could, from 1991, offer dedicated messaging services to the research and education sector across the world. In this way, Luxembourg was able to very quickly connect all its higher education and research institutions, not just to one another, but also to their European counterparts.

This initial stage of setting up the Luxembourg network constituted a crucial step in establishing an ever more effective national research and education network. From the start of the 1990s onwards, researchers, educators and students gradually started benefitting from infrastructure unique in its category.

A few months after its creation, still within RARE, the RESTENA network committed, alongside some 20 other European research networks, to the European research

project known as COSINE, funded by the Eurêka programme. Thanks to this 3-year project launched in 1990, driven by the ambition to establish, for those working in research and development, a pan-European computer-based communication network that complied with the OSI⁷ communication standard, the partners gave rise to EuropaNET in 1993.

⁶ UIT : Union Internationale des Télécommunications // ITU : International Telecommunication Union

⁷ OSI : the Open System Interconnection model – a seven-layer communication standard for networks of computer systems

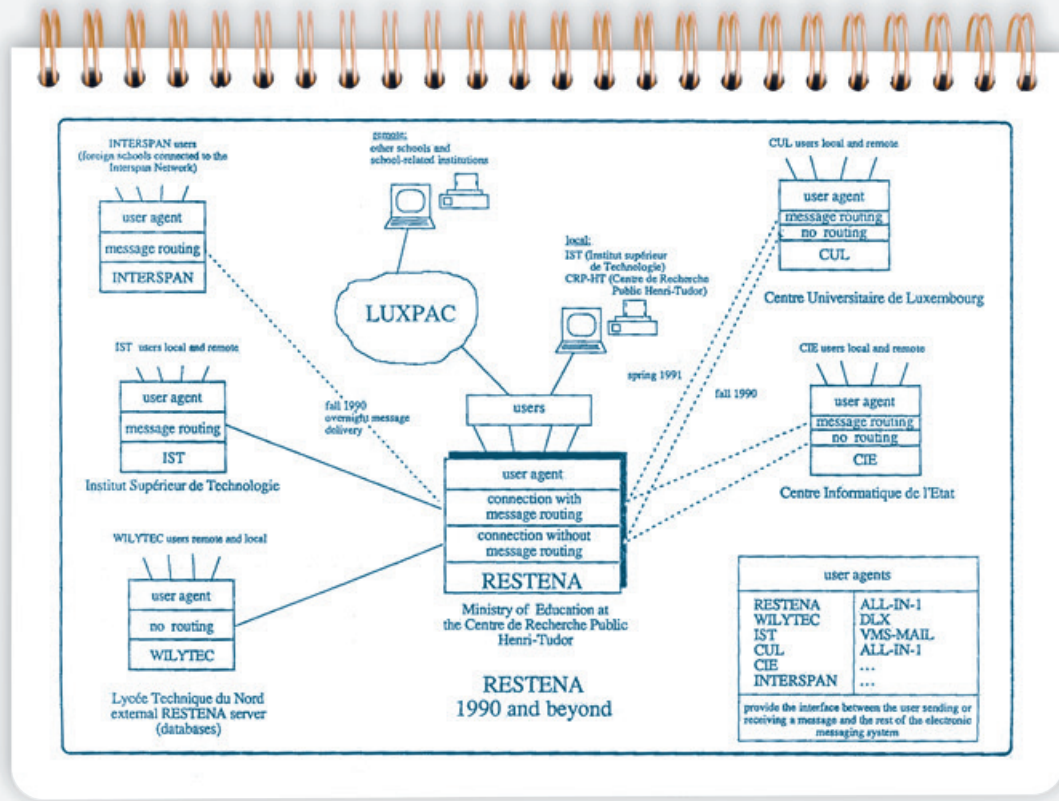


Schéma d'interconnexion du réseau RESTENA en 1990 // The RESTENA network's interconnection diagram in 1990

communication OSI⁷ pour les travailleurs de la R&D, les partenaires donneront naissance en 1993 à EuropaNET.

Grâce à cette infrastructure réseau et à une connectivité intercontinentale rendue possible par l'installation et la mise en service en 1994 d'une liaison transatlantique depuis Amsterdam vers Washington, dans un premier temps, puis New York dans un second temps, les réseaux de recherche auxquels le Luxembourg est relié disposent d'une passerelle vers les États-Unis. Depuis Amsterdam, l'infrastructure EuropaNET tisse toujours plus sa toile et des liaisons sont également établies vers la Corée, le Canada ou encore le Japon, bénéficiant aux réseaux de recherche et d'éducation.

En parallèle, de 1993 à 1996, le réseau RESTENA prend part au projet européen EuroCAIRN⁸, également financé par le programme Euréka et visant quant à lui à préparer

Thanks to this network infrastructure and to the intercontinental connectivity made possible by the installation and activation, in 1994, of a transatlantic link from Amsterdam to Washington DC, initially, and to New York, later on, the research networks to which Luxembourg was connected had a gateway to the United States. From Amsterdam, the web of EuropaNET infrastructure expanded ever further: connections were also established with Korea, Canada and Japan, so benefitting research and education networks.

In parallel, between 1993 and 1996, the RESTENA network took part in the pan-European EuroCAIRN⁸ project, also funded by the Euréka programme, which was dedicated to preparing the next generation of pan-European research network, after EuropaNET. Thus, after four years' good and loyal service, EuropaNET – which, in some ways, foreshadowed the pan-European research network – gave way to the TEN networks (TEN-34, then TEN-155), which

⁸ EuroCAIRN : European Co-operation for Academic and Industrial Research Networking

la génération de réseau de recherche paneuropéen qui succédera à EuropaNET. C'est ainsi qu'après 4 années de bons et loyaux services, EuropaNET, qui constitue en quelque sorte les prémices du réseau de recherche paneuropéen, laisse sa place aux réseaux TEN (TEN-34 puis TEN-155), qui ont pu voir le jour grâce à plusieurs projets cofinancés par l'initiative commune DG-XIII et DG-III de la Commission européenne.

Avec TEN-34, le secteur assiste à l'implémentation du premier réseau informatique européen à haut débit pour le monde de la recherche. Ce réseau atteint dans un premier temps les 34 Mbit/s et dispose de capacités similaires à celles dont bénéficie déjà la communauté de la recherche aux États-Unis. Le réseau de recherche et d'éducation luxembourgeois RESTENA est associé à part entière au projet TEN-34⁹ qui donnera naissance au réseau TEN-34. Engagé dans le consortium aux côtés de 18 autres pays européens, le réseau de recherche luxembourgeois, au même titre que ses confrères participants, s'engage à fournir un service de réseaux intégré paneuropéen basé sur les protocoles de communication IP¹⁰. À cette époque, en effet, se joue l'issue d'une guerre longue de plusieurs années entre les protocoles de communication OSI et TCP/IP¹¹. Alors que le premier protocole était adopté en Europe pour la mise en œuvre des réseaux informatiques, de l'autre côté de l'Atlantique, les yeux étaient rivés sur le second. Au fil des années, TCP/IP a supplanté OSI en s'imposant comme le modèle de communication de référence sur Internet et l'ensemble des réseaux connectés.

Alors que le projet TEN-34 bat son plein, l'équipe RESTENA s'implique dans le projet QUANTUM¹², qui entend notamment mettre sur pied TEN-155, le réseau successeur de TEN-34. En 1998, à peine un an après la mise en service de TEN-34, TEN-155 sera déployé et atteindra une capacité de 155 Mbit/s. Ce nouveau réseau paneuropéen pour la recherche, financé par le projet européen TEN-155¹³, offre aux instituts de recherche et universités en Europe une bande passante internationale comparable à celle disponible sur les services nationaux.

À l'aube du troisième millénaire, mais surtout quelques mois à peine après que le projet gérant le réseau RESTENA devienne une structure autonome (la Fondation Restena), le projet GÉANT est lancé. Avec pour ambition d'améliorer le réseau de recherche paneuropéen TEN-155

were brought to fruition thanks to several projects co-financed by the European Commission's DG XIII and DG III joint initiative.

With TEN-34, the sector witnessed the establishment of the first European high speed network for the world of research. The network initially achieved 34 Mbit/s and had capabilities similar to those already enjoyed by the research community in the United States. In Luxembourg, the RESTENA research and education network was associated, in its own right, with the TEN-34⁹ project, which would give rise to the TEN-34 network. Involved in the consortium along with 18 other European countries, the Luxembourg research network, just like its partners in the project, undertook to provide an integrated pan-European network service based on IP¹⁰ communication protocols. At this time, a war, which would last several long years, was starting between the OSI and TCP/IP¹¹ communication protocols. While, in Europe, OSI had been adopted for setting up computer networks, eyes on the other side of the Atlantic were fixed on TCP/IP. Over the years, TCP/IP supplanted OSI to become established as the standard model for internet communication and all connected networks.

While the TEN-34 project was in full swing, the RESTENA team became involved in the QUANTUM¹² project, one of the goals of which was to set up TEN-155, the successor network to TEN-34. In 1998, barely a year after TEN-34 had been activated, TEN-155 would be deployed, achieving a capacity of 155 Mbit/s. This new pan-European research network, funded by the European TEN-155¹³ project, offered research institutes and universities in Europe an international bandwidth comparable to those available on national services.

At the dawn of the 21st century, but above all just a few months after the project managing the RESTENA network became the autonomous Restena Foundation, the GÉANT project was launched. With the ambition of using a new backbone to improve the pan-European TEN-155 research network, the GÉANT network was enabled in 2002, still on behalf of Europe's NRENs and with European Union support. Still convinced of the indisputable merits and benefits offered by a grouping of European research networks, the Restena Foundation offered its support to the GÉANT Association, which would be established at the same time and of which it became a national member in its own right. In 2020, following various iterations of the GÉANT

⁹ **TEN-34** : Trans-European Network at 34 Mbit/s

¹⁰ **IP** : protocole Internet // *Internet Protocol*

¹¹ **TCP/IP** : Transmission Control Protocol / Internet Protocol

¹² **QUANTUM** : Quality Network Technology for User Oriented Multi-Media

¹³ **TEN-155** : Trans-European Network at 155 Mbit/s

grâce à une nouvelle épine dorsale, le réseau GÉANT est mis en service dès 2002, toujours au nom des réseaux nationaux de recherche et d'éducation européens et avec le soutien de l'Union européenne. Toujours convaincue du bien-fondé et des bienfaits indiscutables apportés par un regroupement des réseaux de recherche européens, la Fondation Restena apporte son soutien à l'association GÉANT qui verra le jour en parallèle et en devient membre national à part entière. En 2020, et après plusieurs suites du projet GÉANT, le réseau GÉANT est toujours actif. Il fédère même une quarantaine de réseaux de recherche et d'éducation en Europe avec des interdépendances vers d'autres régions du globe. Au fil des années, GÉANT a en effet permis aux réseaux européens connectés d'accéder aux réseaux de recherche établis au-delà du Vieux Continent par des connexions avec les homologues d'Amérique du Nord et d'Amérique latine, d'Afrique du Nord, d'Afrique occidentale et centrale, d'Afrique orientale et australe, du Moyen-Orient, de l'Asie-Pacifique, de l'Asie centrale et des îles du Pacifique ainsi que de l'Arménie, de l'Azerbaïdjan, de la Biélorussie mais également de la Géorgie, de la Moldavie et de l'Ukraine.

Parallèlement à cette connexion progressive aux réseaux de recherche européens successifs, la Fondation Restena s'est impliquée dans le développement de sa connectivité au cœur de la Grande Région dans le cadre du projet IoT@ financé par le programme Interreg IV A Grande Région. La Grande Région joue en effet un rôle central et indispensable pour le Luxembourg. Preuve s'il en fallait, le gouvernement luxembourgeois a intégré dès 2009 un portefeuille ministériel dédié à la Grande Région dans ses attributions.

Avec ses confrères belge et français, BELNET¹⁴ et RENATER¹⁵, la Fondation Restena a mis sur pied une infrastructure complémentaire au réseau européen en appui aux ambitions de coopération et de mobilité universitaires transfrontalières alors au centre de l'attention, permettant d'asseoir et d'apporter un soutien aux intentions de la Grande Région. La mise en place d'une liaison directe, qui plus est en fibre noire, a permis d'assurer une capacité et une vitesse de connexion des plus performantes au cœur des régions de la Grande Région interconnectées par le biais du réseau GÉANT à leur niveau national. C'est ainsi qu'un an après la mise en place du projet dédié, un réseau transnational ultra-rapide direct en fibre optique (*Regional cross-border fibre connection*)

project, the GÉANT network is still active. It brings together around 40 research and education networks across Europe, which are highly connected to other regions of the globe. Over the years, GÉANT has actually made it possible for connected European networks to access research networks outside the continent, with connections to their counterparts in North America, Latin America, North Africa, West and Central Africa, East and Southern Africa, the Middle East, Asia-Pacific, Central Asia and the Pacific islands, along with Armenia, Azerbaijan, Belarus, Georgia, Moldova and Ukraine.

In parallel with this gradual connection to successive European research networks, the Restena Foundation has become involved in nurturing its connectivity to the heart of the Greater Region of Luxembourg, as part of the IoT@ project, funded by the Interreg Programme in the Greater Region. The Greater Region of Luxembourg is of critical importance to the country; as if further proof were needed, the Luxembourg Government has, since 2009, had a minister whose portfolio includes matters relating to the Greater Region.

With its Belgian and French counterparts, BELNET¹⁴ and RENATER¹⁵, the Restena Foundation set up infrastructure supplementing the European network, in order to support the ambitions of cross-border university cooperation and mobility that were then the focus of much attention; this provided a basis and support for the ambitions of the Greater Region. A direct connection has been laid; what is more, it is dark fibre. This has guaranteed the very highest level of network capacity and speed in the regions that make up the Greater Region of Luxembourg, which have national-level interconnections through the GÉANT network. Thus, in 2010, one year after the launch of the dedicated project, a supplementary ultra-fast direct regional cross-border fibre connection interconnected the research and education institutions in the three neighbouring regions: Lorraine (France), Wallonia (Belgium) and Luxembourg.

Naturally, the fibre node for the cross-border interconnection, which was indispensable to the smooth running of this new network, was installed in southern Luxembourg, at the location of the RESTENA network's global interconnection in Esch-sur-Alzette, under the coordination of the Restena Foundation. From Esch-sur-Alzette, connections have been established with the cities of Arlon, Longwy, Luxembourg

¹⁴ BELNET : Belgian National Research & Education Network

¹⁵ RENATER : Réseau National de télécommunications pour la Technologie, l'Enseignement et la Recherche // French National Telecommunication Network for Technology, Education and Research



supplémentaire interconnecte dès 2010 les institutions de recherche et d'éducation dans les trois régions limitrophes : la Lorraine en France, la Wallonie en Belgique et le Luxembourg.

Tout naturellement, c'est au Luxembourg, dans le sud du pays à Esch-sur-Alzette, au point d'interconnexion globale du réseau RESTENA, que le nœud optique d'interconnexion transfrontalière, indispensable au bon fonctionnement de ce nouveau réseau, est mis en place sous la coordination de la Fondation Restena. Depuis Esch-sur-Alzette, les connexions sont établies vers les villes d'Arlon, Longwy, Luxembourg et Nancy. Cette connexion directe apporte une plus-value incontestée aux projets de recherche effectués par les universités et les centres de recherche de la Grande Région. •

and Nancy. This direct connection is indisputably of benefit to the research projects conducted by the universities and research centres of the Greater Region of Luxembourg. •

2

Entre développement
et diversification

//

*Between development
and diversification*

Création et gestion du .lu

FR • La Fondation Restena assume l'autorité du domaine .lu, qui lui a été attribuée par l'Internet Assigned Numbers Authority (IANA) en mars 1992. Cette année-là, une demande écrite a en effet été adressée à Jon Postel, pionnier d'Internet et surtout directeur de l'Internet Assigned Numbers Authority (IANA), intégré depuis dans l'International Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN), dont un rôle était de gérer la délégation de la responsabilité de la gestion d'un domaine national. Antoine Barthel et Théo Duhautpas sont à l'origine de cette requête pour le Luxembourg. Son courrier restant longtemps sans réponse, Antoine Barthel tenta de nombreuses reprises de joindre directement Jon Postel en l'appelant à son bureau basé en Californie. Mais toujours sans succès. Jusqu'à un soir, durant les vacances de Carnaval, où sans y croire et donc très surpris, il finit par tomber directement sur lui. « *This is Jon, what can I do for you ?* » entend-il de l'autre côté du combiné. Après un bref échange, l'accord lui est donné par téléphone ce soir-là : « *I found your letter ... this looks good for me ... the domain LU will be activated under RESTENA's responsibility soon.* » Antoine Barthel et ses confrères ont dû prouver, au niveau du Luxembourg, que RESTENA était le bon organisme pour prendre en charge



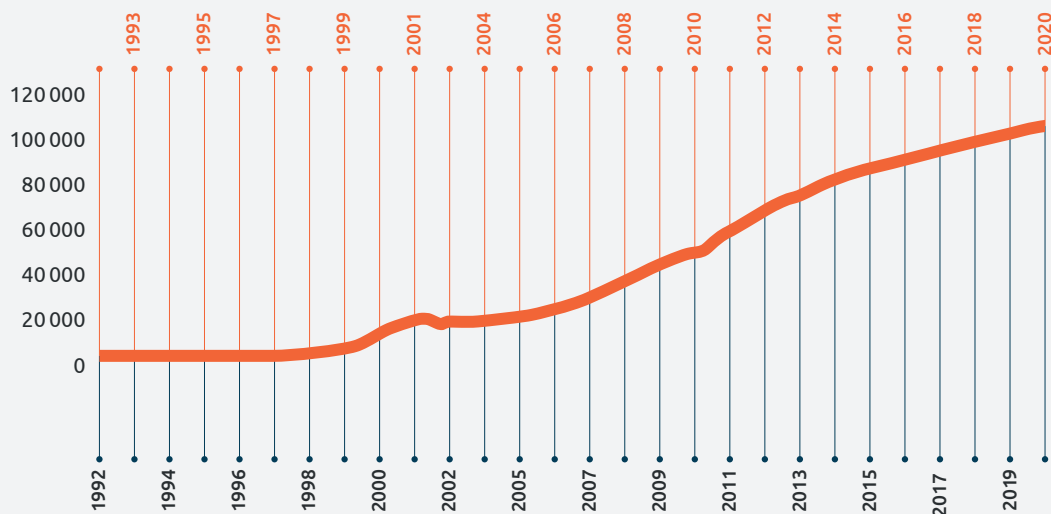
Logo de l'association CENTR //
Logo of the CENTR association

Creation and management of .lu

EN • In March 1992, the Restena Foundation was granted authority over the .lu domain by the Internet Assigned Numbers Authority (IANA). That year, a written request had been sent to Jon Postel, who was an internet pioneer and, above all, the Director of IANA (since incorporated into the International Corporation for Assigned Names and Numbers [ICANN]), one of the roles of which was to organise delegating the management of country code top-level domains. In the case of Luxembourg, this request came from Antoine Barthel and Théo Duhautpas. His letters having gone unanswered for a long time, Antoine Barthel repeatedly tried to reach Jon Postel directly, by calling his California office. He tried and tried without success until, one evening during the Carnival holidays, he eventually got straight through to Postel. "This is Jon, what can I do for you?", he heard down the line. Following a brief exchange, he was given approval over the phone that very evening: "I found your letter... This looks good to me... The domain LU will be activated under RESTENA's control soon". Antoine Barthel and his colleagues had to prove that RESTENA was the right body within Luxembourg to manage the domain: that it had the technical skills and political support indispensable for doing the job



Théo Duhautpas et Rom Kieffer (voir encadré page 13), qui a joué un rôle prépondérant dans l'obtention de la gestion du .lu par la Fondation Restena, en visite dans les salles serveurs de la Fondation Restena en 2019 // Théo Duhautpas and Rom Kieffer (see text box, page 13) – who played a key role in securing management of the .lu domain for the Restena Foundation – visiting the Restena Foundation's datacentres in 2019



Évolution du nombre de domaines enregistrés sous le ccTLD¹ .lu // Growth in the number of domains registered under the .lu ccTLD¹

cette gestion, parce que doté de compétences techniques et des appuis politiques indispensables pour mener à bien cette mission. Et enfin, le 3 mars 1992, un e-mail vient confirmer l'activation et la gestion, par RESTENA, du domaine .lu.

Gestionnaire depuis ce jour de ce service d'intérêt national requérant un grand niveau de sérieux, de prudence, de compétences techniques, politiques et de gestion, la Fondation Restena occupe une position privilégiée qui lui permet de participer aux évolutions et innovations dans un domaine critique du fonctionnement d'Internet et aux activités de gouvernance et de coordination du réseau mondial.

Ce service, qui porte la dénomination DNS-LU au sein de la fondation, exerce le rôle du registre national pour le nom de domaine de premier niveau .lu, procède donc à l'enregistrement administratif des noms de domaine en .lu et assure l'opération technique du service. En 1992, les premiers noms de domaine enregistrés furent *restena.lu*, *menvax.lu*, *men.lu*, *crpht.lu* et *crpcu.lu*. Mais rapidement, les demandes en la matière affluent, passant d'une dizaine par semaine à une centaine par jour en 1994, les instances non scientifiques

successfully. Finally, on 3 March 1992, there came an email confirming that the .lu domain had been activated and was managed by RESTENA.

Since that day, the Restena Foundation has been responsible for this service of national interest, which requires a great deal of care, prudence, and technical, political and administrative skill. The Foundation is in the privileged position of being able to play a role in the evolutions and innovations within a field that is critical for the functioning of the internet and in governance and coordination activities relating to the worldwide web.



Logo du service DNS-LU de la Fondation Restena // Logo of the Restena Foundation's DNS-LU service

This service, run by the Foundation's DNS-LU Department, acts as a national registry for the .lu top-level domain name, carrying out the administrative registration of .lu domain names and performing the technical aspects of the service. In 1992, the first domain names to be registered were *restena.lu*, *menvax.lu*, *men.lu*, *crpht.lu* and *crpcu.lu*. It was not long before floods of requests were coming in, however: initially around 10 per day, it was some 100 per day in 1994. Non-scientific bodies then started applying for their own .lu domain names, one example being Siemens, the first company to submit an official applica-

¹ ccTLD : domaine de premier niveau national // country code top-level domain

ANTOINE BARTHEL

« Afin d'obtenir la gestion du domaine national, j'ai plusieurs fois tenté de joindre Jon Postel de l'IANA, à son bureau en Californie. Toujours sans succès. Un soir, sans grand espoir, je l'appelle et surprise, il décroche ! Et c'est là que l'accord nous a été donné. »

"To obtain control over the country code top-level domain, I tried repeatedly to reach Jon Postel of IANA at his California office. Time and again, it was fruitless. Then, one evening, without much hope, I called and, to my surprise, he picked up! And that's when we were given approval"





Source : archive.org

Première page officielle du Grand-Duché du Luxembourg (luxembourg.lu) en 1996 // First official page of the Grand Duchy of Luxembourg (luxembourg.lu) in 1996

commençant à leur tour à demander à bénéficier de leur propre nom de domaine en .lu, comme ce fut le cas de Siemens, première société à en faire la requête officielle. Dès lors, un bureau d'enregistrement est mis en place afin de répondre aux demandes de ce type. Mais le nommage en question n'est alors pas très encadré et RESTENA, n'étant encore qu'au stade de projet, n'est pas en mesure de facturer ces prestations qui impactent largement ses ressources.

L'ensemble du service finit par se professionnaliser en l'an 2000, lorsque la Fondation Restena voit le jour. De nouvelles mesures sont alors définies. En tant que registre, c'est-à-dire gestionnaire de l'infrastructure d'enregistrement des noms de domaine sous l'extension nationale .lu, la Fondation Restena entend contribuer au développement d'un Internet stable et sécurisé. C'est pourquoi, en plus de la facturation de l'attribution du .lu, une charte de nommage est mise en place. Cette dernière contient les principes directeurs mis en œuvre lors de l'enregistrement des noms de domaine sous .lu. Elle a été élaborée sur base de l'expérience acquise et représente le fruit d'une étroite collaboration entre la Fondation Restena et les acteurs privés et publics représentatifs de la communauté Internet nationale, incarnée dans le cadre d'un groupe de travail instauré par le Gouvernement en date du 16 mars 2001. Le registre du .lu a ainsi garanti que les domaines importants, tels que les noms de villages et de communes ou les domaines importants à caractère national comme education.lu, recherche.lu, etat.lu, se

tion. At that time, a registration office was set up to fulfil this sort of request. Yet there was still not much oversight of the naming itself and RESTENA, since it had not yet gone beyond the project stage, was not in a position to charge for these services, which were a major drain on its resources.

The entire service was eventually professionalised in 2000, with the creation of the Restena Foundation. New measures were set out at that time. As a registry, meaning the administrator of the system for registering domain names under the .lu country code extension, the Restena Foundation sought to contribute to the development of a stable and secure internet. It is for this reason that, as well as charging for allocation of the .lu extension, a domain name charter was introduced. The charter sets out the guiding principles followed when registering .lu domain names. It has been drawn up on the basis of experience and is the fruit of the Restena Foundation working closely with public- and private-sector bodies representative of Luxembourg's internet community. This took the form of a working group set up by the government on 16 March 2001. In this way, the .lu registry ensures that important domains, such as the names of villages and municipalities, and important national domains such as education.lu, recherche.lu and etat.lu, are owned by the relevant authority.

By implementing this charter, Luxembourg was following the example of other European countries. On top of this, the charter's general principles emerged across the globe

retrouvent entre les mains des autorités compétentes.

En établissant une charte de ce type, le Luxembourg a suivi l'exemple des autres pays européens : en outre, les principes généraux de cette charte se sont dégagés dans un contexte international et ont été adoptés par une large majorité d'organes d'enregistrement dans le monde.

Mais le registre a encore bien d'autres missions : gérer une base de données centrale contenant les noms des titulaires des différents domaines existants, rendre ces domaines utilisables sur Internet et garantir leur accessibilité au niveau mondial, élaborer des systèmes et des procédures d'enregistrement ainsi que des règles et prescriptions ou encore organiser tous les aspects techniques concernant l'enregistrement. Le registre doit également représenter le .lu dans les groupes de travail et les organisations internationales, tout en suivant l'évolution de la technologie dans le cadre des noms de domaine. C'est pourquoi la Fondation Restena est membre fondateur du *Council of European National Top-Level Domain Registries* (CENTR), l'association européenne dédiée à l'échange, au dialogue et à l'innovation des registres de domaine européens de premier niveau.

Au sein de cette association, la fondation représente la gestion du domaine géographique de premier niveau .lu, mais participe aussi au développement de bonnes pratiques et de normes élevées à l'échelle européenne et nationale. ●

La collaboration à la base de tout succès

Pour garantir la stabilité du système DNS⁴, les données sont répliquées sur plusieurs serveurs, de préférence répartis dans le monde. Par le passé, des serveurs secondaires pour le .lu ont été gracieusement mis à disposition par l'armée américaine, les entreprises EUnet et UUnet, le réseau de recherche suédois Sunet⁵, le registre allemand DENIC ainsi que l'Université de Vienne en Autriche, contribuant à la performance et au développement de l'infrastructure luxembourgeoise.

All success is based on working together

In order to guarantee the stability of the DNS⁴, the data are replicated on several servers, preferably spread across the world. In the past, the following organisations have contributed to the performance and development of Luxembourg infrastructure, by kindly making available secondary servers for .lu: the US Army; the companies EUnet and UUnet; the Swedish research network, Sunet⁵; Germany's registry, DENIC; and the University of Vienna, Austria.

⁴ DNS : Domain Name System

⁵ Sunet : Swedish University Computer Network

and have been adopted by a large majority of registration bodies worldwide.

Yet the registry also performs many other duties: managing a central database containing the names of the owners of the various existing domains; making those domains usable on the internet and ensuring they can be accessed worldwide; drawing up registration systems, procedures, rules and requirements; and organising all the technical aspects of registration. The registry also has to represent .lu in international working groups and organisations, while tracking the development of technology relating to domain names. It is for this reason that the Restena Foundation is a founding member of the Council of European National Top-Level Domain Registries (CENTR), the European association dedicated to interaction and dialogue between the continent's top-level domain registries, and to fostering innovation among them.

Within CENTR, the Foundation represents the management of the .lu country code top-level domain, but also takes part in developing best practice and high standards at the European and national levels. ●

Connexion toujours plus importante et influente

FR • Au Luxembourg, l'infrastructure du réseau national se met en place, en 1990, avec une connexion minimum de 2 400 bit/s reliant les institutions scolaires et de recherche au centre de gestion de RESTENA à Luxembourg-Kirchberg depuis les locaux du CRP Henri Tudor par des lignes louées auprès de l'Administration des P&T, l'opérateur national des postes et télécommunications. Mais, très rapidement, et d'autant plus avec l'avènement d'Internet qui s'est joué en parallèle, les besoins en connexion ont rapidement évolué, et les technologies n'ont eu de cesse de se développer. Pour pouvoir non seulement assurer le développement de ses activités face à l'augmentation de la demande en capacité émanant de la communauté de la recherche et de l'éducation mais également promouvoir les nouveaux services Internet émergeant, RESTENA adapte son infrastructure réseau.

Ainsi, à la fin des années 90, avant que la Fondation Restena ne prenne juridiquement forme, l'infrastructure nationale se compose de lignes louées à des débits variant de 64 kbit/s, 128 kbit/s à 1-2 Mbit/s. Ces capacités seront par la suite largement améliorées par la mise à disposition par les opérateurs d'antennes collectives, au début des années 2000, de fibres noires (*dark fibre*). Grâce à cette technologie, le réseau national luxembourgeois est progressivement transformé en une interconnexion de réseaux de type campus à des débits d'1 Gbit/s tout au long de cette décennie pendant laquelle la Fondation Restena déploie progressivement sur le sol luxembourgeois sa nouvelle infrastructure réseau. Elle remplace la majorité de ses lignes jusqu'alors louées auprès de l'Entreprise des Postes et Télécommunications, ou POST Luxembourg, pour connecter les établissements luxembourgeois par une liaison à fibres optiques d'une capacité

An increasingly important and influential connection

EN • In Luxembourg, the infrastructure of the national network was installed in 1990, with a minimum connection of 2,400 bit/s linking education and research centres to the RESTENA administration centre on the premises of the Public Research Centre (CRP) Henri Tudor in Kirchberg, Luxembourg City, through lines leased from the national Postal and Telecommunications Authority. However, it was not long at all thereafter – all the sooner with the emergence of the internet, which was happening at the same time – that the connection requirements and technologies involved started to change; this change has not stopped since then. In order, not just to ensure that its operations adapted to the demand for capacity from the research and education community, but also to promote the newly emerging internet services, RESTENA adjusted its network infrastructure.

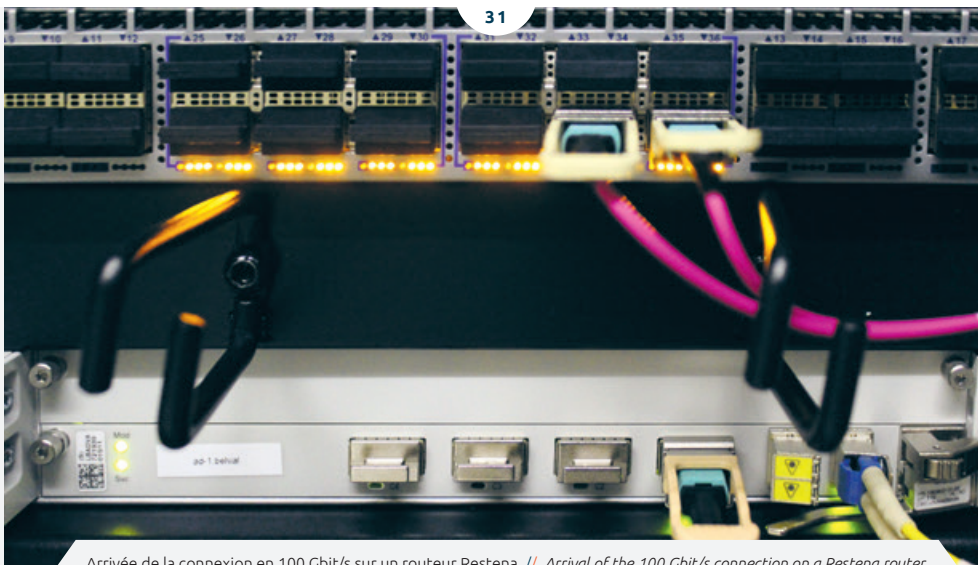
La révolution de la fibre noire

Fibre optique à l'état brut, la fibre dite « noire » n'a pas de service associé. Depuis son apparition sur le marché des télécommunications, les réseaux de recherche l'exploitent avec les équipements de leur choix, souvent à la pointe du progrès, voire expérimentaux, et offrent des bandes passantes au-delà des offres commerciales. Encore aujourd'hui, recourir à des fibres noires garantit une très grande liberté d'action et une indépendance aux produits obéissant à une logique purement économique.

The dark fibre revolution

Raw fibre-optic cables – known as “dark” fibre – have no service associated with them. Since it first came onto the telecommunications market, research networks have operated dark fibre using equipment of their choice – which is often cutting-edge or even experimental – and have offered higher bandwidths than those available commercially. Today, using dark fibre still guarantees enormous freedom of action and independence to products obeying a purely economic logic.

So it was that, at the end of the 1990s, before the Restena Foundation had been legally established, the national infrastructure comprised leased lines with varying bitrates: 64 kbit/s, 128 kbit/s or even 1-2 Mbit/s. Subsequently, those capacities were significantly improved, when, in the early 2000s, the collective antenna operators made dark fibre available. This technology gradually transformed Luxembourg's national network into a series of interconnected 1 Gbit/s campus networks. Over the course of the 2000s, the Restena Foundation progressively deployed its new infrastructure across Luxembourg's national territory. It replaced most of the lines it had previously leased from the Entreprise des Postes et Télécommunications (now POST Luxembourg), connecting up Luxembourg entities with 1 Gbit/s capacity fibre-optic cable. The introduction of this brand-new fibre-optic cable – which is still, today, the only technology enabling very high-speed connections – optimised the existing in-



Arrivée de la connexion en 100 Gbit/s sur un routeur Restena // Arrival of the 100 Gbit/s connection on a Restena router

d'1 Gbit/s. Cette toute nouvelle infrastructure à base de fibres – lesquelles représentent encore à l'heure actuelle la seule technologie permettant des connexions à très grande vitesse – optimise l'infrastructure existante. Elle est d'ailleurs utilisée pour connecter progressivement les établissements luxembourgeois à 10 Gbit/s dès les années 2010.

Cette évolution de l'infrastructure se traduit également par la multiplication progressive des points de connexion sur l'ensemble du territoire luxembourgeois formant la structure dorsale du réseau national. En 2000, le réseau national compte déjà 4 points de connexion, nombre qui sera quasiment triplé pour atteindre un total de 11 points de présence (*Point of Presence – PoP*) primaires répartis dans tout le pays. Autour de l'implémentation dans les différents quartiers de la capitale luxembourgeoise, les points de présence sont déployés dans le nord du pays à Ettelbruck, Diekirch et Mersch et dans le sud du pays à Esch-sur-Alzette et Bettembourg. La quasi-totalité de ces points de présence est par ailleurs mise en œuvre dans des établissements connectés au réseau RESTENA, directement au cœur de la communauté de recherche et d'éducation gérée par la Fondation Restena.

En 2020, la connectivité de l'infrastructure luxembourgeoise du réseau dédié à la recherche et à l'éducation est passée de 2 kbit/s à 10 Gbit/s (une augmentation d'un facteur 5 000 000). Cette explosion spectaculaire est encore plus impressionnante que celle qui s'est jouée sur la scène européenne et internationale. En 2020, la connectivité à l'international est, quant à elle, passée de 64 kbit/s à 100 Gbit/s (1 562 500 fois plus rapide qu'à l'origine).

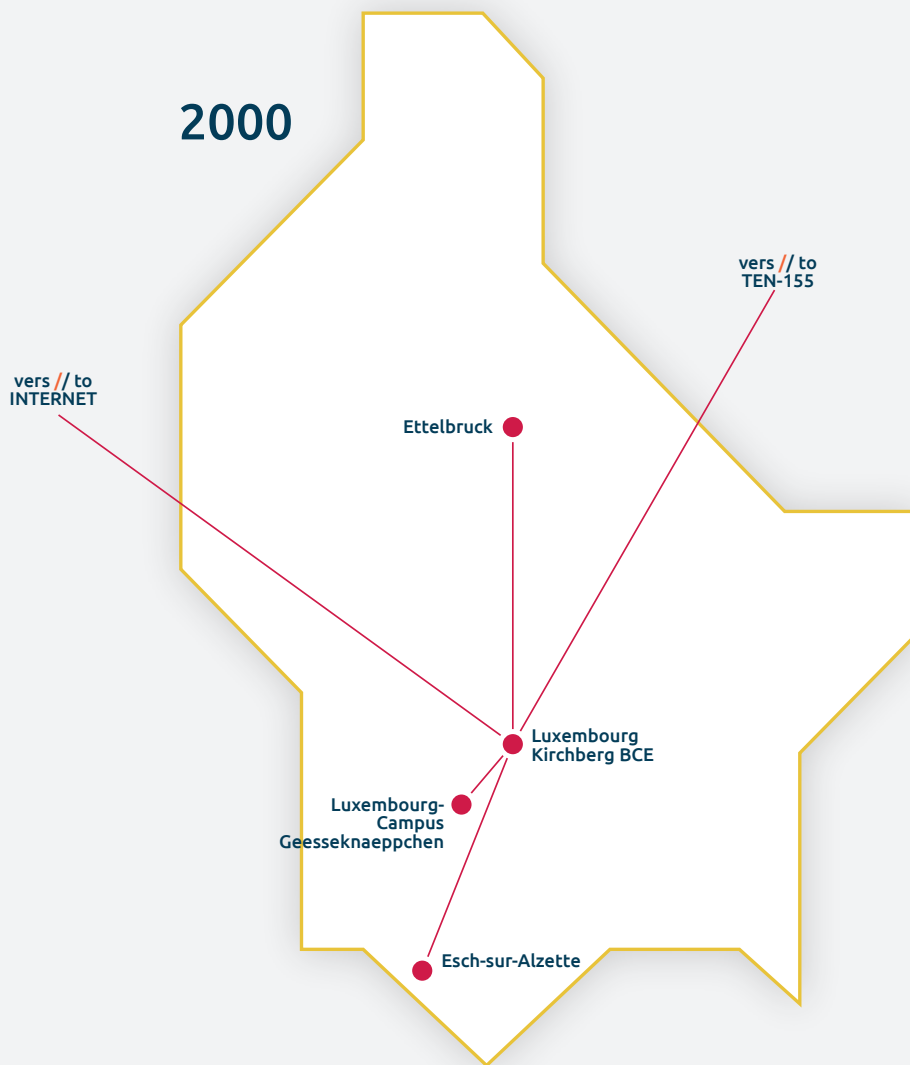
La connexion à l'international du réseau luxembourgeois de la recherche et de l'éducation est réalisée par le

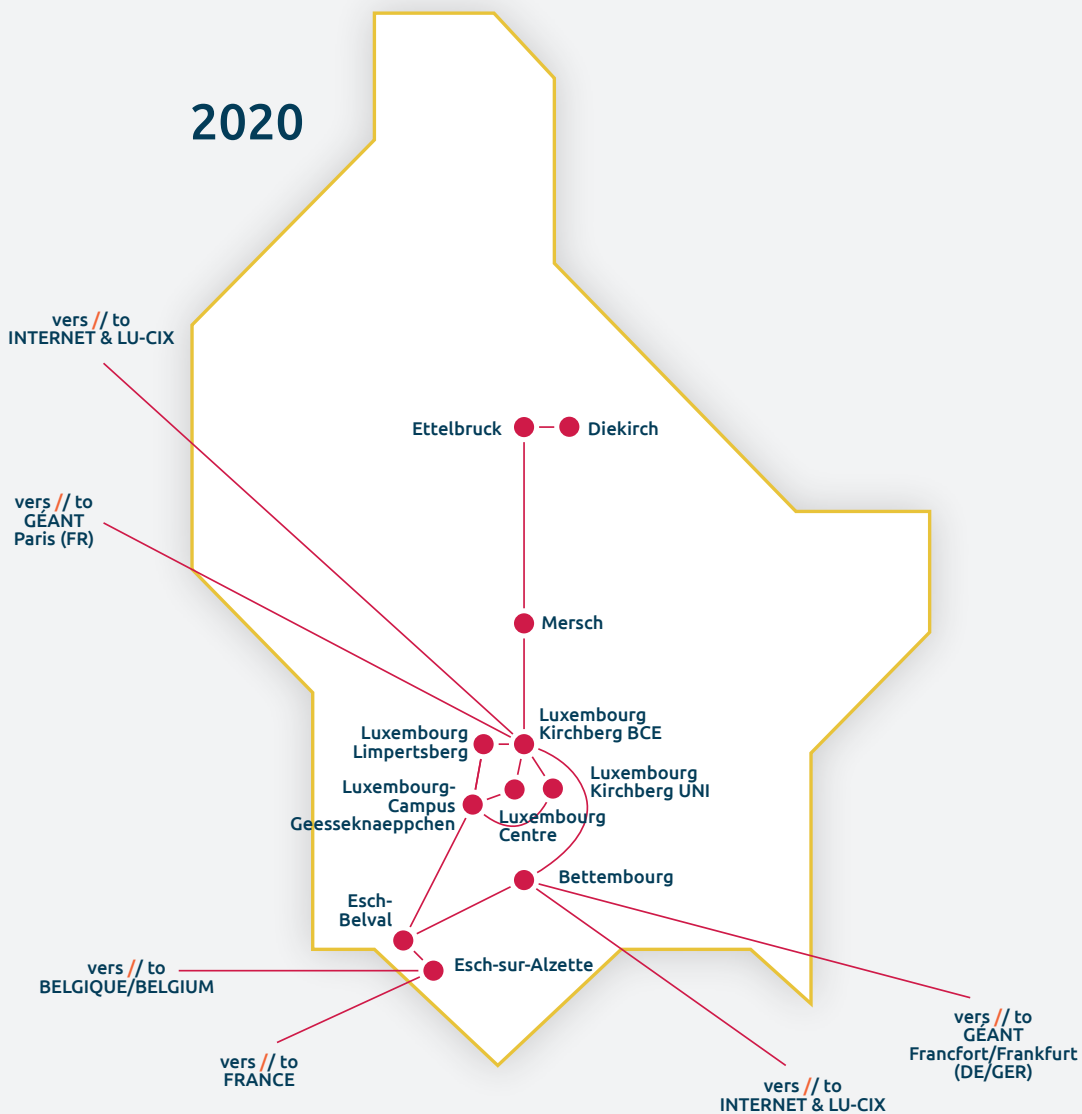
infrastructure. In the 2010s, it has also been used to gradually connect up Luxembourg entities to 10 Gbit/s.

Another manifestation of this change in the infrastructure was the progressive multiplication of points of presence throughout Luxembourg's territory, forming the backbone of the national network. In 2000, the national network already had four points of presence, a figure that would, by the present day, be almost tripled to a total of 11 primary points, spread throughout the country. Centred around where they were installed in the various districts of Luxembourg City, the points of presence have been deployed in the north of the country, in Ettelbruck, Diekirch, and Mersch, and in the south, in Esch-sur-Alzette and Bettembourg. Almost all of these points of presence were set up within institutions connected to the RESTENA network, right at the heart of the research and education community managed by the Restena Foundation.

As of 2020, the connectivity of Luxembourg's network infrastructure dedicated to research and education has gone from 2 kbit/s to 10 Gbit/s (an increase by a factor of 5,000,000). This spectacular explosion is even more impressive than that which occurred at the European and international levels: by 2020, international connectivity had gone from 64 kbit/s to 100 Gbit/s (1,562,500 faster than at the outset).

The Luxembourg research and education network's international connection was provided by the interconnection node initially installed on the premises of CRP Henri Tudor. For redundancy reasons, a double connection was established between this node and nodes abroad. From 1992, higher education and research institutions benefitted from an international connection of 64 kbit, the same bitrate enjoyed by countries like Germany and France; this bitrate





nœud d'interconnexion initialement installé dans les locaux du CRP Henri Tudor. Par ce nœud, une double connexion est mise en place vers des nœuds internationaux pour des raisons de redondance. Les établissements de l'enseignement supérieur et de la recherche bénéficient, dès 1992, d'une connexion internationale à 64 kbit/s, le même débit dont disposaient les pays comme l'Allemagne et la France et qui était limité par la technologie X.25 utilisée. Tout au long de cette décennie, cette capacité est progressivement augmentée à 34 Mbit/s puis 155 Mbit/s avant d'atteindre les 10 Gbit/s dans les années 2000. Vers la fin des années 90, ce premier nœud d'interconnexion à l'international sera déplacé vers une nouvelle installation au *Broadcasting Center Europe* dans le quartier de Luxembourg-Kirchberg. Au Luxembourg, l'installation d'un second nœud, garantissant une redondance maximale, verra le jour à Bettembourg en 2012. Une route de fibres y sera déployée vers le point terminal de GÉANT installé à Francfort en Allemagne où le réseau luxembourgeois se connectera au réseau européen.

Mais alors que le Luxembourg exploite à peine ces 10 Gbit/s du réseau européen, celui-ci évolue déjà vers les 100 Gbit/s pour non seulement permettre une collaboration encore plus rapide sur des projets critiques au cœur de la communauté européenne mais également répondre à une demande toujours plus croissante de transferts de données. L'avènement des supercalculateurs et des centres de données traitant et stockant des quantités de données toujours plus importantes sont notamment très demandeurs. L'infrastructure sera progressivement déployée au niveau européen dans les différents pays et, fin 2019, la Fondation Restena connecte le réseau national à la vitesse de 100 Gbit/s, décuplant ainsi la connectivité établie 7 années plus tôt.

was limited by the X.25 technology being used. Throughout that decade, capacity increased step by step: first to 34 Mbit/s, then to 155 Mbit/s and eventually, in the 2000s, to 10 Gbit/s. Towards the end of the 1990s, that first interconnection node connecting to other countries would be moved to a new facility on the premises of Broadcasting Center Europe, in the Kirchberg district of Luxembourg City. In 2012, to ensure maximum redundancy, Luxembourg would have a second node set up, in Bettembourg. A fibre-optic cable would run from there to the GÉANT termination point installed in Frankfurt, Germany, where Luxembourg's network would connect to the European network.

Yet, while Luxembourg was only just operating at the European network's 10 Gbit/s, the latter was already moving towards 100 Gbit/s, not only to enable even faster collaboration on critical projects within the European community, but also to meet ever increasing demand for data transfer. In particular, the supercomputers and data centres that have emerged, processing and storing ever larger volumes of data, are very demanding. This infrastructure would be gradually deployed across various European countries; in late 2019, the Restena Foundation connected the national network at 100 Gbit/s, so increasing the connectivity established seven years previously by a factor of 10.

The network in Luxembourg and, more broadly, all research and education networks across the globe form an integral part of the internet. In fact, there are some similarities between their histories: both grew out of research projects, and both were developed in the late 1980s for use by educators and researchers wishing to exchange information and data. In 1992, however, the WWW² architecture broke away from the world of research. It would explode into the public consciousness and quickly be accepted by



Installation de la fibre dans la ville de Diekirch au nord du Luxembourg en 2009 // Installation of fibre in the town of Diekirch, north Luxembourg, in 2009



Source : archive.org

Liste des serveurs WWW au Luxembourg publiée en 1997 sur restena.lu // List of WWW servers in Luxembourg, published in 1997 on restena.lu

Le réseau luxembourgeois et, plus largement, l'ensemble des réseaux de recherche et d'éducation à travers le monde font partie intégrante du réseau Internet. Leurs histoires respectives présentent d'ailleurs quelques similitudes... En effet, tous sont le fruit de projets de recherche et ont été développés à la fin des années 80 pour une utilisation par l'éducation et la recherche dans un souci d'échange d'informations et de données. Mais en 1992, l'architecture WWW² sort du spectre de la recherche. Elle est intégrée dans le domaine public et son acceptation par toutes les couches de la société sera fulgurante. Le réseau de recherche européen reste concentré quant à lui sur la seule communauté de recherche et d'éducation et se forge une sorte de coin privilégié au cœur du réseau Internet. Grâce à une infrastructure technique sur mesure spécifiquement adaptée aux besoins de vitesse et de connectivité de la communauté et directement liée au réseau Internet, le réseau de recherche permet aux acteurs de la recherche et de l'éducation à travers le monde de communiquer et d'échanger entre eux de manière optimale.

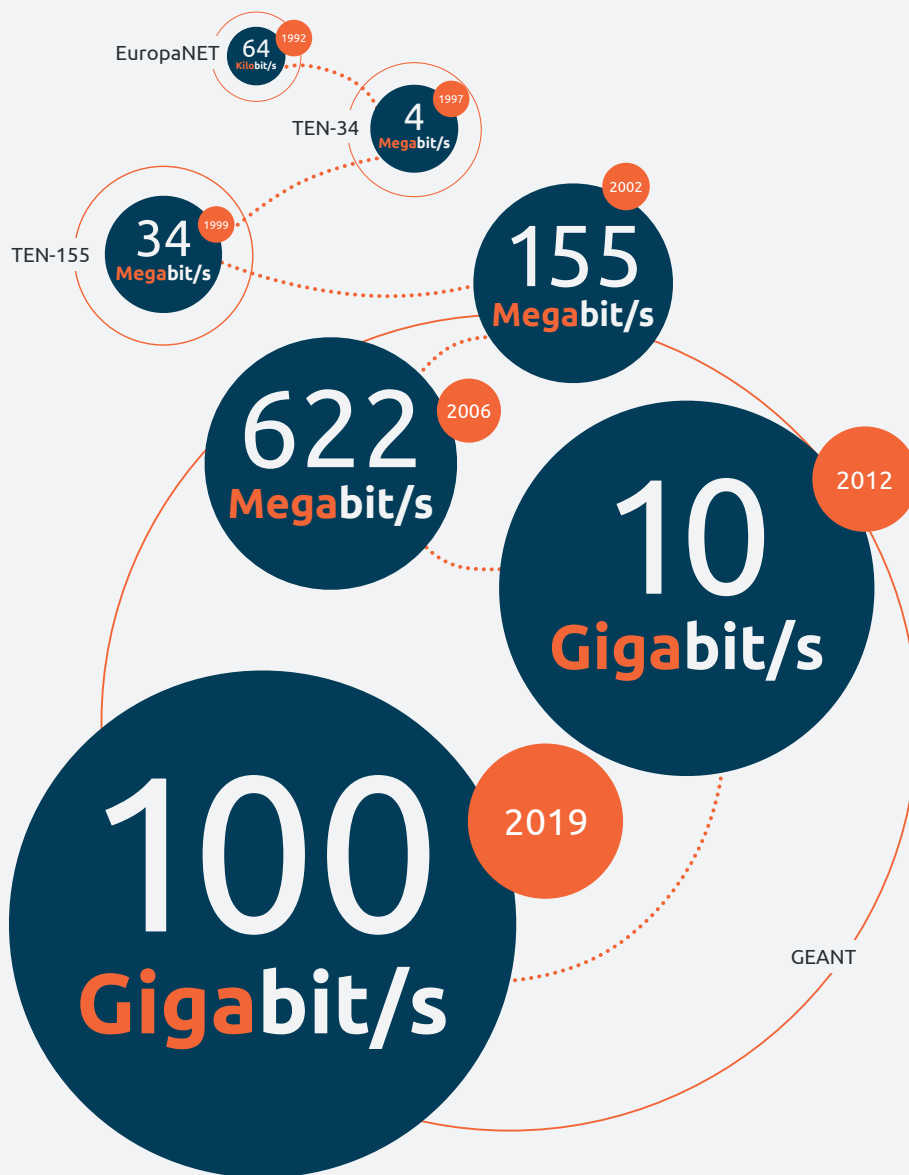
Au même moment, alors que s'imposent des standards et que se développent des logiciels de référence pour le Web, des répertoires nationaux se mettent en place aux quatre coins du monde. Au Luxembourg, c'est le projet RESTENA qui, dès 1994, gère le serveur World Wide Web national et maintient le répertoire national pour le Luxembourg en publiant la liste des serveurs WWW du Luxembourg sur son propre serveur. Cette activité est à l'époque d'autant plus nécessaire et fastidieuse que les moteurs de recherche n'existent pas encore.

people from all walks of life. As for the European research network, it remained the exclusive property of the research and education community, carving out its own special niche at the heart of the internet. Thanks to bespoke technical infrastructure specifically adapted to the community's speed and connectivity requirements, the research network enables those involved in research and education across the world to communicate and interact with each other in the best possible way.

At the same time, while standards were being imposed and touchstone software developed for the web, national directories were being established across the globe. In Luxembourg, it is the RESTENA project that has, from 1994 on, managed the national worldwide web server and maintained the national directory, publishing the list of WWW servers on its own server. This activity was even more necessary and laborious at the time, since search engines did not yet exist.

The Restena Foundation was also tasked with managing the first IP addresses in Luxembourg. As the local internet registry for Luxembourg, the RESTENA network assigned and routed data between any computer equipment in Luxembourg that wanted to connect to the internet. As such, any company wanting to use the internet to engage in commercial activity had to use RESTENA's national and international telecomputing infrastructure to obtain IP numbers. Management of these IP addresses was entrusted to the RESTENA project through the European RIPE³ NCC initiative; at the same time, the RESTENA network – and,

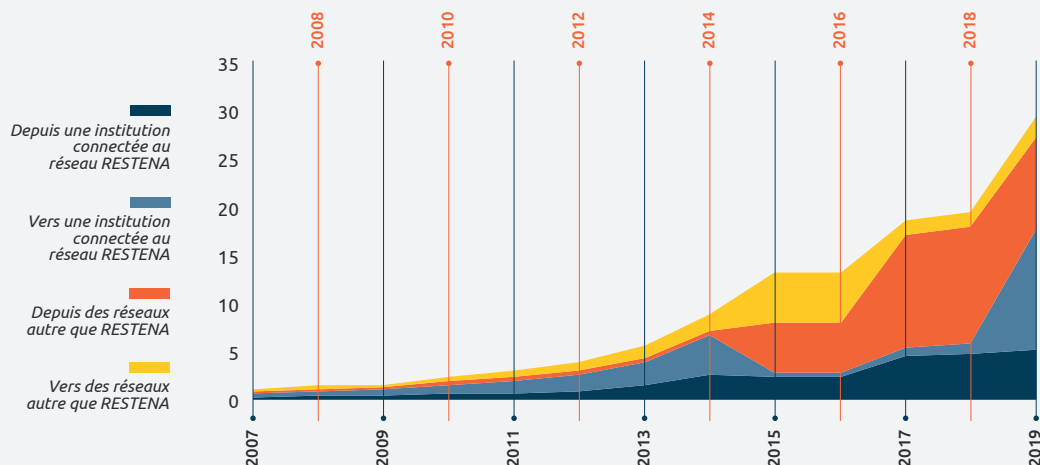
² WWW : World Wide Web



Historique des connexions du réseau RESTENA aux réseaux européens de recherche et d'éducation successifs // Timeline of the RESTENA network's connections to successive European research and education networks

La Fondation Restena obtient également la gestion des premières adresses IP au Luxembourg. En tant que registre Internet local pour le Luxembourg, le réseau RESTENA assigne et achemine les données entre tout matériel informatique souhaitant au Luxembourg se connecter au réseau Internet. Toute entité désireuse de développer ses services commerciaux grâce au réseau Internet doit donc recourir à l'infrastructure télématique nationale et internationale de RESTENA pour obtenir des numéros de réseau IP. La gestion de ces adresses IP est confiée au projet

consequently, the Restena Foundation – would become a RIPE NCC member in its own right. RIPE NCC, a grouping of Europe-based IP network operators, started its experience-pooling and technical coordination work in 1989; it would, in 1992, be given legal status as part of the European RARE association, before becoming an autonomous organisation in 1998. From 1992 to 1996, the RESTENA project would even act as Luxembourg's registry of last resort, providing IP address ranges independent of any internet service provider.



Volume de trafic sur le réseau RESTENA (hors longueurs d'ondes directes) // Volume of traffic on the RESTENA network (excluding direct wavelength)

RESTENA par le biais de l'initiative européenne RIPE³ NCC auprès de laquelle le réseau puis la Fondation Restena deviendra, par la même occasion, membre à part entière. Ce groupement d'opérateurs de réseaux IP basés en Europe partageant leurs expériences et effectuant un travail de coordination technique, lancé en 1989, obtiendra un cadre légal dès 1992 sous l'association européenne RARE avant de devenir une structure autonome en 1998. De 1992 à 1996, le projet RESTENA agira même comme *last resort registry* au niveau national en fournissant des plages d'adresses IP indépendantes de tout fournisseur d'accès.

L'infrastructure et l'excellence technique développées initialement pour la recherche et l'éducation ont des répercussions bien au-delà de la communauté initiale. Ce changement de paradigme technique ne modifie cependant pas les ambitions initiales du réseau RESTENA. Mais force est de constater que non seulement les technologies de communication envahissent la société dans son ensemble, mais surtout les besoins en services augmentent de manière exponentielle. L'ampleur de la tâche envisagée, dès le milieu des années 90, quelques années à peine après l'établissement du réseau RESTENA, est immense... À travers l'Europe, de telles capacités initialement partagées par les réseaux nationaux de la recherche et de l'éducation pour le bénéfice d'acteurs hors de la communauté de recherche et de l'éducation laissent par la suite la gestion et l'accès au réseau Internet à la charge de structures autonomes. ●

The infrastructure and technical excellence initially developed for research and education has had an impact far beyond the initial community. However, this technical paradigm shift has not changed the initial ambitions for the RESTENA network. Nevertheless, it must be pointed out, not only that communication technologies are all-pervasive in society as a whole, but also that the need for services is increasing exponentially. The scale of the task envisaged, starting from the mid-1990s, just a few years after the RESTENA network was established, is immense. Across Europe, the capacities initially shared by national research and education networks for the benefit of those outside the research and education community, left autonomous organisations responsible for the management of and access to the internet thereafter. ●

³ RIPE : Réseaux IP Européens

Élargissement au-delà de la recherche et de l'éducation

FR • La vocation première et commune à tous les réseaux nationaux de recherche et d'éducation (NREN) est de connecter les instituts de recherche et universités grâce à une infrastructure réseau de très haute qualité. Cependant, chaque pays ayant ses propres particularités, chaque NREN est unique. Tout comme ses homologues, le réseau luxembourgeois développe ses propres spécificités.

Au Luxembourg, RESTENA était initialement destiné à l'éducation nationale. Mais alors que le projet de mise en place prenait forme, la fin des années 80 a également vu naître les premiers centres de recherche publics. Aussi, le réseau s'est rapidement adapté et rapproché des besoins de ces nouveaux acteurs, d'autant plus que leurs activités ont pris de plus en plus d'ampleur. Progressivement, tout au long des années 90, les professeurs et étudiants luxembourgeois ainsi que tous les acteurs de la recherche au Luxembourg ont accès au réseau RESTENA et bénéficient des nouveaux outils et services de la société de l'information. Outre les centres de recherche, RESTENA profite également à l'ensemble des institutions effectuant des activités de recherche pure et appliquée, que celles-ci soient issues de l'éducation et de la formation professionnelle, de la santé, des administrations ou bien encore des collectivités locales. Pour le secteur de l'éducation plus précisément, l'équipe derrière le réseau RESTENA collabore étroitement avec le Centre de Technologie de l'Éducation (CTE) créé en 1993, et devenu en 2013 le Centre de gestion informatique de l'éducation (CGIE) suite à sa fusion avec le Service informatique du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enfance et de la Jeunesse. Cette administration ressource du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enfance et de la Jeunesse, aux missions complémentaires à celles de la Fondation Restena, s'appuie en effet sur le réseau RESTENA pour fournir à l'éducation nationale luxembourgeoise des services informatiques supportant pleinement les besoins pédagogiques.

Alors que RESTENA se met en place, la distribution électronique de l'information scientifique, technique et

Expansion beyond research and education

EN • *The foremost purpose of these national research and education networks (NRENs), shared by them all, is to use very high-quality network infrastructure to connect research institutions and universities. However, since every country is different, so is every NREN. Like its counterparts, Luxembourg's NREN has developed its own unique features.*

In Luxembourg, RESTENA was initially intended for the national education system. Yet, at the time when the set-up project was taking place, the late 1980s, also saw the emergence of the first public research centres. The network also adapted quickly and sought to meet these newcomers' needs, increasingly so as their activities grew in scope. Gradually, over the course of the 1990s, educators and students in Luxembourg, along with the country's researchers, gained access to the RESTENA network and started to benefit from the new tools and services of the information society. In addition to research centres, RESTENA also benefitted all institutions engaged in pure and applied research activities, whether those activities were derived from education and vocational training, from healthcare, from government departments or from local authorities. For the education sector more specifically, the team behind the RESTENA network worked closely with the 'Centre de Technologie de l'Éducation' (CTE), which was founded in 1993 and became the 'Centre de gestion informatique de l'éducation' in 2013, following its merger with the IT Department of the Ministry of National Education, Children and Youth. This public authority reporting to the Ministry of Education, Children and Youth, the roles of which complement those of the Restena Foundation, actually relied on the RESTENA network to provide the Luxembourg national education system with IT services that fully met pedagogical requirements.

While RESTENA was being set up, the electronic distribution of scientific, technical and cultural information over networks was having direct repercussions on the future role of libraries. In 1995, the RESTENA project team, then based at CRP Henri Tudor, anticipated the development of

DANIEL WEILER

« J'étais professeur à l'Athénée en 1995, lorsque l'informatique est progressivement arrivée à l'école. Nous étions le premier lycée à lancer notre propre site Internet et un des premiers à obtenir le .lu. »

"I was a teacher at Athénée High School in 1995, when computing was gradually being introduced there. We were the first school to launch our own website and one of the first to be granted a .lu domain name."



Daniel Weiler, directeur du Centre de gestion informatique de l'éducation et vice-président du Conseil d'administration de la Fondation Restena // *Director of the 'Centre de gestion informatique de l'éducation' and Vice-President of the Board of Directors of the Restena Foundation*

culturelle sur les réseaux a des répercussions directes sur le rôle futur des bibliothèques. En 1995, l'équipe du projet RESTENA alors implémentée au CRP Henri Tudor anticipe le développement de bibliothèques virtuelles et contribue à mettre sur pied l'infrastructure nécessaire pour la distribution électronique de documents. Le réseau s'ouvre alors aux institutions culturelles, telles que bibliothèques et musées.

Rapidement, l'infrastructure réseau de RESTENA s'ouvre à des groupes d'utilisateurs variés évoluant dans différents domaines d'activités. Cet élargissement naturel fait d'ailleurs partie intégrante des missions de la Fondation Restena à sa création en 2000. La finalité du réseau RESTENA exploité par la Fondation Restena porte ainsi sur l'enseignement, la recherche, le transfert de technologies, la diffusion d'informations scientifiques, techniques et culturelles, ainsi que sur des expérimentations de nouveaux services présentant un caractère d'innovation technique ou pédagogique. Les acteurs de l'éducation, de la recherche, de la culture, de la santé et de l'administration sont éligibles pour utiliser les ressources et services proposées par la Fondation Restena.

Étant la première instance au Luxembourg à mettre en place une infrastructure téléinformatique faisant partie du réseau Internet et ayant à sa charge la gestion du système des noms de domaine en .lu, pour lequel il développera une infrastructure propre, le réseau RESTENA est dans les années 90 l'unique porte d'entrée installée sur le sol luxembourgeois vers Internet.

Les fournisseurs de services réseau commercial venant s'installer au Luxembourg mais également des sociétés établies cherchant à élargir leur champ d'activités ont recours à l'infrastructure télématique nationale et internationale de RESTENA pour développer leurs services. Au fur et à mesure que les contacts avec les sociétés commerciales se développent, les institutions qui représentaient alors les futurs fournisseurs d'accès à Internet au Luxembourg, que ce soit pour le compte de privés ou d'entreprises, utilisent dès 1994 l'accès temporaire du réseau RESTENA pour leur connexion à Internet qui constitue alors l'unique et primaire interface permettant d'accéder au réseau Internet. Progressivement, le nombre

virtual libraries and contributed establishing the infrastructure required for the electronic distribution of documents. The network was then opened up to cultural institutions, such as libraries and museums.

The RESTENA network infrastructure quickly opened up to varied groups of users operating in a range of sectors. This natural expansion actually formed an integral part of the Restena Foundation's roles on its creation in 2000. As such, the purposes of the RESTENA network operated by the Restena Foundation were teaching, research, technology transfer, dissemination of scientific, technical and cultural information, and experimentation on new services of a technical or pedagogical innovation nature. Those involved in education, research, culture, healthcare and the civil service were eligible to use the resources and services offered by the Restena Foundation.

As the first body in Luxembourg to set up teleprocessing infrastructure that formed part of the internet and as the body responsible for managing the system of .lu domain names, for which it would develop its own infrastructure, the RESTENA network was, in the 1990s, the sole gateway to the internet in Luxembourg territory.

Commercial network service providers that had just started operating in Luxembourg made use of RESTENA's national and international telecomputing infrastructure to provide their services, as did established companies seeking to expand their areas of operations. As contacts with companies developed, the institutions that then represented Luxembourg's future internet service providers, whether on behalf of private individuals or businesses, had been using, since 1994, temporary access to the RESTENA network for their internet connections, which then represented the only way of accessing the internet. The number of internet service and hosting providers joining the Luxembourg market gradually increased. Consequently, at the request of several commercial ISPs⁴, which wanted to cut costs and boost speeds, RESTENA decided, in the mid-1990s, to set up an internet exchange point (IXP), like those that already existed in most countries where the internet was more developed. An IXP enables internet service providers to exchange traffic between the patchwork of interconnected networks which make up the internet. Traditionally neutral

de fournisseurs d'accès à Internet et d'hébergement intégrant le marché national s'accroît. Ainsi, à la demande de plusieurs ISP⁴ commerciaux, et guidé par des échelles de coût et de gain de vitesse, RESTENA envisage dès le milieu des années 1990 la création d'un Internet eXchange (IX) à l'image de ce qui existe déjà dans la plupart des pays où Internet s'est développé. Un tel point d'échange de trafic entre prestataires de services Internet permet les interconnexions de réseaux grâce auxquelles est possible le maillage d'Internet à l'échelle mondiale. Traditionnellement neutre et indépendant des stratégies commerciales des opérateurs de télécommunications, il permet aux fournisseurs de services Internet ou ISP désireux d'échanger du trafic entre eux de s'y raccorder, chacun faisant réaliser une liaison entre son réseau et le IX.

En 1998, la plate-forme luxembourgeoise d'échange de trafic IP pour les fournisseurs de service Internet LIX⁵ voit le jour. Rapidement, le LIX se compose des membres actifs issus de la communauté des fournisseurs de services Internet. Ce premier nœud d'échange Internet installé sur le sol luxembourgeois permet aux opérateurs d'accès Internet d'échanger leur trafic, de réduire leurs coûts d'infrastructure mais surtout de fournir un service plus rapide à leurs internautes. L'interconnexion au LIX permet aux ISP possédant un numéro d'AS⁶ d'échanger du trafic, sans transit et sans passer par des infrastructures transnationales grâce à des accords de *peering* établis entre eux. Ce LIX profite pleinement aux infrastructures réseau dédiées, d'une part, à la recherche et à l'éducation et, d'autre part, à la gestion des noms de domaine (DNS⁷). D'un côté, il amplifie la connectivité du réseau de la communauté de l'éducation et de la recherche luxembourgeoise en le raccordant directement aux autres acteurs luxembourgeois d'Internet. De l'autre, grâce au raccordement des serveurs exploités dans le cadre de la gestion du système de noms de domaine, il garantit au service DNS une

and independent from the commercial strategies of telecommunications operators, they enable internet service providers wanting to exchange traffic between themselves to link up with one another, each having a link established between its network and the IXP.

In 1998, Luxembourg's platform for internet service providers to exchange IP traffic, LIX⁵, was launched. LIX quickly came to be made up of active members drawn from the community of internet service providers. This first IXP installed in Luxembourg's territory enabled internet service providers to exchange traffic, cut infrastructure costs and, in particular, provide internet users with a faster service. Interconnection to LIX enabled ISPs with an AS⁶ number to exchange traffic, without transit and without passing through cross-border infrastructure, thanks to peering agreements drawn up between them. LIX fully benefitted the network infrastructure dedicated both to research and education, and to domain name management (DNS⁷). First, it enhanced the connectivity of the Luxembourg education and research community by linking it directly to other internet entities in Luxembourg. Second, by linking servers operated in the context of managing the DNS, it guaranteed the service proximity to Luxembourg's internet service providers, thereby contributing to the quality of their services.

In 2009, a new Luxembourg IXP was launched. This one was more commercial in purpose, with the ambition of facilitating exchanges at the national level while promoting Luxembourg as an international ICT⁸ centre. There were now two IXPs coexisting in Luxembourg's territory: LIX and LU-CIX. Subsequently, the decision was made to merge the two entities, in order to best exploit the synergies between them. As such, the technical excellence applied by the Restena Foundation engineers to developing and maintaining LIX's technical infrastructure would be incorporated



Logo du Luxembourg Internet eXchange(LIX) // Logo of the Luxembourg Internet eXchange (LIX)

⁴ ISP : prestataires fournisseurs de services Internet // Internet Service Providers

⁵ LIX : Luxembourg Internet Exchange

⁶ AS : système autonome // Autonomous System

⁷ DNS : Domain Name System



Signature de l'accord portant sur la fusion du LIX avec le LU-CIX en 2011, de gauche à droite : Antoine Barthel, Ed Wangen (LU-CIX), Théo Duhautpas, Claude Demuth (LU-CIX) // *Signing of the merger agreement between LIX and LU-CIX in 2011, from left to right: Antoine Barthel, Ed Wangen (LU-CIX), Théo Duhautpas and Claude Demuth (LU-CIX)*

proximité avec les fournisseurs de services Internet luxembourgeois, contribuant ainsi à la qualité de leurs services.

En 2009, un nouveau point d'échange Internet luxembourgeois, mais cette fois-ci à vocation plus commerciale, voit le jour avec pour ambition de faciliter l'échange national tout en promouvant le Luxembourg en tant que plateforme TIC⁸ internationale. Deux points d'échange cohabitent désormais sur le sol luxembourgeois : LIX et LU-CIX. Décision est prise de regrouper les deux entités pour exploiter au mieux les synergies existantes entre elles. Ainsi, l'excellence technique appliquée par les ingénieurs de la Fondation Restena dans le développement et le maintien de l'infrastructure technique du LIX sera intégrée à LU-CIX en 2011 et les membres du LIX seront migrés vers la nouvelle plateforme. La Fondation Restena devient alors membre à part entière de LU-CIX et, même si des ingénieurs de Restena contribuent dès lors activement à son fonctionnement, il faudra attendre 2017 pour que la prise en charge du *backbone* LU-CIX et son intégration dans les services 24/7 ne soient mises en place et formalisées. Grâce à ce rapprochement, tant la visibilité que la performance du réseau Internet sur le sol luxembourgeois s'en trouvent savamment améliorées.

into LU-CIX in 2011 and LIX members would be migrated to the new platform. The Restena Foundation then became a member of LU-CIX in its own right and, although Restena engineers have actively contributed to running it since then, it would take until 2017 for handling of the LU-CIX backbone and its integration into 24/7 services to take place and be formalised. Bringing the two IXPs together was an astute move that enhanced both the visibility and the performance of the internet within Luxembourg.

No less than 80% of national internet traffic now passes through Luxembourg's single internet exchange point, to which almost all of the country's important and essential national networks are directly or indirectly interconnected. Restena is continuing its work and is still contributing to the development of the internet in Luxembourg, as well as playing a part in enhancing the country's visibility on the map of the world's IXPs.

With LU-CIX, but also Conostix, LuxNetwork and Security made in Lëtzebuerg, the Restena Foundation is continuing to work with telecoms network operators in Luxembourg. In 2018, they jointly launched the LUNOG⁹ initiative, bringing together Luxembourg IT professionals, along with those with an interest in the subject, with a view to impro-

⁸ TIC : Technologies de l'Information et de la Communication // ICT : Information and Communication Technologies

Sur cette désormais seule et unique plate-forme d'échange de trafic Internet nationale transite aujourd'hui pas moins de 80 % du trafic Internet luxembourgeois, et la quasi-totalité des infrastructures réseau nationales importantes et essentielles pour le pays y sont directement ou indirectement interconnectées. La Fondation Restena poursuit sa mission et contribue encore et toujours à l'évolution de l'Internet au Luxembourg et participe à renforcer la visibilité du Luxembourg sur la carte internationale des nœuds d'échanges.

D'ailleurs, avec LU-CIX mais également Conostix, LuxNetwork et Security made in Lëtzebuerg, la Fondation Restena poursuit sa collaboration avec les opérateurs de réseaux télécoms au Luxembourg. Ensemble, en 2018, ils mettent sur pied l'initiative LUNOG⁹ rassemblant professionnels et toute personne intéressée de l'IT luxembourgeois dans le but d'améliorer la qualité et l'agilité des opérations de réseau au Luxembourg et dans la Grande Région. Au fil des années, un réseau de contact entre les professionnels se tisse pour échanger en temps réel sur leurs défis du quotidien, poser des questions et rapidement trouver des réponses auprès de leurs pairs. •

ving the quality and agility of network operations in Luxembourg and the Greater Region. Over the years, a network has been established between professionals, putting them in touch with each other so that they can discuss their day-to-day challenges in real time, ask each other questions and quickly find out answers from their peers. •

The logo for LUNOG consists of the letters 'LUNOG' in a bold, sans-serif font. The 'L' is black, 'U' is blue, 'N' is red, and 'O', 'G' are black.

Logo de l'initiative LUNOG //
Logo of the LUNOG initiative

⁹ LUNOG : Luxembourg Network Operator Group

3

Des services réseau
sur-mesure
//
*Bespoke network
services*

Pour des services adaptés à la recherche et à l'éducation

FR • Chaque NREN développe, adapte ou intègre des services soutenant au mieux les problématiques rencontrées par la recherche et l'éducation sur son territoire national. Au Luxembourg, l'équipe travaillant sur le réseau RESTENA puis la Fondation Restena a progressivement implémenté et fait évoluer ces services pour rester au plus près des besoins du terrain.

À ses débuts, le réseau RESTENA se centre sur un système de messagerie électronique sophistiqué volontairement ouvert pour permettre personnalisation et adaptation aux besoins futurs. L'éducation nationale luxembourgeoise se dote alors de l'adresse @ci.educ.lu (« ci » faisant référence à « connexion Internet ») remplacée dans les années 2000 par @education.lu. Transférer un message et des fichiers, participer à une téléconférence ou bien encore accéder à des bases de données, notamment à la base de données ECHO, est possible. Dès 1992, la communauté de la recherche et de l'éducation peut recourir à des fins de recherche d'informations au logiciel GOPHER au cœur de l'espace offert par le réseau Internet alors balbutiant et bénéficie de passerelles vers le WWW¹ et les autres outils de recherche d'informations

For services suited to research and education

EN • Each NREN develops, adapts or incorporates services that offer the best possible response to research and education issues encountered within the national territory. In Luxembourg, the team working on the RESTENA network and, later, the Restena Foundation brought these services online bit by bit and adapted them so that they matched the needs on the ground as closely as possible.

Initially, the RESTENA network centred around a sophisticated electronic messaging system, deliberately made open to enable personalisation and adaptation to future needs. At the time, the Luxembourg national education system had the address @ci.educ.lu ("ci" standing for "connection internet"), which was replaced with @education.lu in the 2000s. It was possible to transfer a message and files, take part in a teleconference or access databases, in particular the ECHO database. From 1992 onwards, the education and research community could, in order to search for information, make use of the Gopher software package, which central to the then make-up of the nascent internet and benefit from gateways to the WWW¹ and other information-search tools, such as the

¹ WWW : World Wide Web

tels que la passerelle WAIS², tombée depuis dans l'oubli. Plus largement, elle bénéficie d'un accès illimité au service Internet.

À l'aube du troisième millénaire, grâce à l'installation de différents serveurs dédiés, les membres de la communauté de la recherche et de l'éducation au Luxembourg peuvent envoyer et recevoir du courrier électronique, recourir à Internet et en utiliser ses applications, accéder à des milliers de groupes de discussions spécialisées et enregistrer l'adresse IP et le nom de domaine de leur réseau local. Plus largement, grâce à l'infrastructure novatrice alors mise en place, ils bénéficient d'espaces de travail partagés et peuvent diffuser des fichiers multimédia, en temps réel ou en différé, participer à des conférences vidéo publiques ou créer des conférences fermées. Les notions de télétravail et de visioconférence font leur entrée auprès de la recherche et de l'éducation. À cette époque également, les acteurs de la recherche et de l'éducation peuvent non seulement réaliser leurs propres serveurs FTP³ et WWW en profitant de l'espace disque auprès du réseau RESTENA, mais également bénéficier de l'expertise des ingénieurs du réseau RESTENA pour concevoir et mettre en œuvre leurs réseaux locaux.

De nouveaux services d'administration et de gestion de réseau voient le jour dans les années 2000 à 2010. Au cours de cette décennie, les établissements connectés peuvent recourir à la Fondation Restena pour configurer leurs équipements téléinformatiques, obtenir un espace d'adressage IP désormais disponible en IPv6⁴ ainsi que des statistiques d'utilisation des lignes et de monitoring des performances et mettre en place des accès individuels sécurisés à leurs réseaux locaux. Ils bénéficient également du *wireless roaming* à l'intérieur du réseau national et à l'étranger (eduroam) et peuvent obtenir des serveurs DNS⁵ primaires et/ou secondaires et être assistés lors de la mise en œuvre de leur serveur de noms primaires propres. Enfin, la synchronisation de leurs équipements par des serveurs de temps à très haute précision, ou bien encore l'hébergement de leurs serveurs E-mail, WWW,

since-forgotten WAIS² gateway. More generally, it benefitted from unlimited internet access.

At the dawn of the 21st century, thanks to the installation of various dedicated servers, members of Luxembourg's research and education community could send and receive email, use the internet and employ related applications, access thousands of specialist discussion groups and register the IP address and domain name of their local area network. More broadly, thanks to the innovative infrastructure that had been set up, they benefitted from shared workspaces and could disseminate multimedia files, in real time or by prerecording, take part in public videoconferences or create private conferences. The concepts of teleworking and videoconferencing first emerged in the field of research and education. Also at that time, those involved in research and education could, as well as making use of the RESTENA network's disk space to set up their own FTP³ and WWW servers, benefit from the expertise of the RESTENA network's engineers to design and set up their local area networks.

New network administration and management services emerged in the years 2000 to 2010. Over the course of that decade, connected institutions could turn to the Restena Foundation to have their teleprocessing equipment configured, obtain an IP address space – which became available in IPv6⁴ from that time – and line-usage and performance-monitoring statistics, and have secure individual access to their local area networks set up. They also benefitted from wireless roaming within the national network and while abroad (eduroam), could obtain primary and/or secondary DNS⁵ servers, and could receive assistance with setting up their own primary name servers. Lastly, the Restena Foundation made the synchronisation of their equipment with very high-precision time servers possible, along with the hosting of their email, WWW, video, audio and other servers.

From 2010 to 2020, the Restena Foundation's portfolio of services grew further, with a focus on greater IT security

² **WAIS** : Wide Area Information System

³ **FTP** : File Transfer Protocol, protocole de communication pour échanger des fichiers entre ordinateurs // File Transfer Protocol – a communication protocol for exchanging files between computers

⁴ **IPv6** : Successeur de l'IPv4, l'IPv6 propose des adresses de 128 bits (p.ex. 2001:a18:1::83) // The successor to IPv4, IPv6 offers 128-bit addresses (e.g. 2001:a18:1::83)

⁵ **DNS** : Domain Name System

Vidéo, Audio et autres auprès de la Fondation Restena sont rendus possibles.

De 2010 à 2020, le portfolio de services de la Fondation Restena s'étoffe à nouveau, cette fois, vers plus de sécurité informatique. La communauté de la recherche et de l'éducation peut interconnecter ses différents sites grâce à des liaisons point-à-point performantes et sécurisées, accéder à des résolveurs DNS validant DNSSEC⁶ pour naviguer sur Internet en toute confiance, établir des certificats numériques pour se prémunir efficacement des menaces existant sur Internet. Une équipe de sécurité informatique de réponse aux incidents dédiée, plus connue sous le nom de *Computer Security Incident Response Team* (CSIRT), se développe en parallèle pour leurs besoins spécifiques.

Comme leurs homologues européens, le réseau RESTENA et la Fondation Restena font bénéficier la communauté luxembourgeoise de la recherche et de l'éducation de certains services offerts au niveau européen pour le bénéfice des NREN, grâce à GÉANT. L'association développe en étroite coopération avec ses membres de nombreux services portant sur la connectivité et la gestion de réseau, l'identité et la sécurité, les communications en temps réel, le stockage et le *cloud* ainsi que des services professionnels, qu'elle met alors à disposition de l'ensemble des réseaux de recherche en Europe. Couvrant de nombreux besoins, ces services sont implémentés, ou non, par les différents NREN selon qu'ils en éprouvent le besoin pour leur communauté nationale. Dans cette sorte de portfolio flexible et novatrice, chaque NREN pioche et déploie sur le territoire national des services éprouvés et fonctionnels pour le bénéfice immédiat de sa propre communauté de recherche et d'éducation.

Au Luxembourg, plusieurs services sont déployés, notamment *eduroam*. Ce dernier permet à la communauté de se connecter automatiquement, grâce à une connexion sécurisée, depuis n'importe quelle institution scientifique participant au projet *eduroam*, par le biais du profil

this time. The research and education community was able to interconnect its various sites with secure, high-performance point-to-point connections; access DNS resolvers validating DNSSEC⁶ for internet browsing with complete confidence; and produce digital certificates to effectively protect against the threats existing on the internet. At the same time, a dedicated Computer Security Incident Response Team (CSIRT) was set up to meet the research and education community's specific needs.

Like its counterparts across Europe, the RESTENA network and, later, Restena Foundation offered Luxembourg's research and education community the benefits of some services made available, at the European level, to NRENs by GÉANT. Working closely with its members, GÉANT developed numerous services relating to connectivity and network management; identity and security; real-time communications; storage and the cloud; and professional services. It made these available to every research network in Europe. Meeting numerous needs, these services either were or were not implemented by the various NRENs, depending on whether their national communities needed them. From this flexible and innovative portfolio, each NREN picked proven, working services and deployed them within its national territory for the immediate benefit of its own research and education community.

Within Luxembourg, several services were deployed, not least eduroam. This network enabled the community to connect automatically, via a secure connection, from any scientific institution participating in the eduroam project, using the access profile of the institution to which they belong and without needlessly disclosing personal data. It represented, not just an administrative simplification for participating institutions, but a real step forward in the mobility of researchers, educators and students.

*A few years later, Restena implemented a service for authentication and authorisation of website access, known as *eduID*. This service enables the research and education community to access a wide range of websites using a*

⁶ DNSSEC : Domain Name System Security Extensions

d'accès de son institution d'appartenance et sans divulguer inutilement des données personnelles. Il constitue une simplification non seulement administrative pour les institutions participantes mais une réelle avancée dans la mobilité des chercheurs, des professeurs et des étudiants.

Quelques années plus tard, la Fondation Restena implémente un service d'authentification et d'autorisation d'accès aux sites Web dénommé eduID. Ce service permet à la communauté de la recherche et de l'éducation d'accéder à une large gamme de sites Internet, grâce à une solution Single Sign-On, simplifiant tant la création que la gestion de comptes utilisateurs pour les employés du secteur de la recherche et de l'éducation.

La Fondation Restena fait également bénéficier sa communauté de contrats-cadres européens signés par l'association GÉANT pour le bénéfice de tous les NREN. Le premier d'entre eux est mis en place avec une autorité de certification. Grâce à lui, les institutions et leurs collaborateurs, membres de la communauté luxembourgeoise de la recherche et de l'éducation, peuvent obtenir des certificats numériques (services TCS) pour sécuriser l'ensemble de leurs canaux de communication numériques et équipements associés.

Un second contrat, cette fois signé avec plusieurs fournisseurs IaaS (*Infrastructure as a Service*), offre un accès privilégié à des solutions de *cloud computing*. Ces solutions permettent aux acteurs de la recherche et de l'éducation au Luxembourg d'accéder à des ressources informatiques à la pointe du progrès dans un environnement virtualisé. Grâce à cela, les organisations bénéficient des ressources nécessaires sans avoir besoin de développer et d'installer physiquement des composants au sein de leurs

Les avantages de la solution Single Sign-On (SSO)

Avec le SSO⁶, une seule authentification est requise pour accéder à plusieurs services distincts. La facilité engendrée par cette centralisation a des effets directs sur la sécurité des services : d'un côté un point central – tel qu'un mot de passe à usage unique – permet de renforcer les exigences envers l'authentification sans trop pénaliser l'utilisateur, de l'autre, les services individuels ne sont plus dépositaires des données de connexions, réduisant alors la surface d'attaque envers le vol d'identité.

The benefits of the SSO solution

With SSO⁶, the user can access several distinct services by signing in just once. The ease of use resulting from this centralisation directly impacts the security of services: first, the fact that there is just one username and password means that authentication requirements can be made much tougher without users being penalised too much; second, individual services are no longer repositories of connection data, which reduces the attack surface for identity theft.

⁶SSO : Single Sign-On

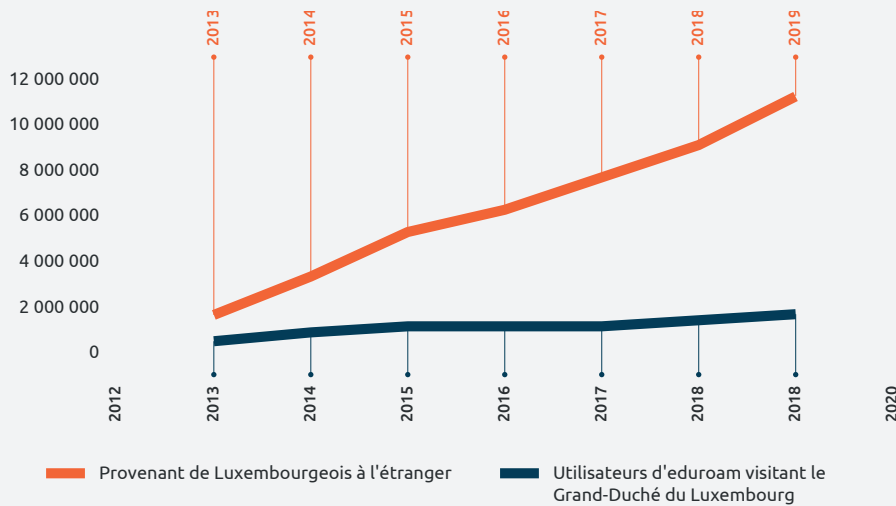
single sign-on solution, simplifying the creation and management of user accounts for those employed in the research and education sector.

The Restena Foundation also offered its community the benefits of European framework contracts signed by GÉANT on behalf of all NRENs. The first of these to be drawn up was with a certification authority. It enabled institutions and their partners – members of the Luxembourg research and education community – to obtain digital certificates (Trusted Certificate Service) to secure all their digital communication channels and the associated equipment.

A second contract, this time signed with several infrastructure-as-a-service providers, offered privileged access to cloud computing solutions. Those solutions enabled those involved in research and education in Luxembourg to access cutting-edge IT resources in a virtual environment. This enabled organisations to make use of necessary resources, without

needing to develop and physically install components in their systems, and without needing to go through laborious procurement procedures.

In addition to its role as a service provider, the Restena Foundation participates actively in developing European network infrastructure and related services, by contributing its own experience and relaying the requirements of research and education in Luxembourg. As a member of the European research and education networks in its own right, Restena sends, as do all European NRENs, representatives to participate in GÉANT's various working groups intended to bring the community together, and in some of its research programmes. They are all brought together for regular meetings, at which they exchange practices and experiences directly. The NRENs also jointly participate in nu-



Nombre d'authentifications des utilisateurs du service d'eduroam // Number of authentications of eduroam service users

systèmes, et sans devoir passer par des procédures d'achat laborieuses.

Au-delà de son rôle de fournisseur de services, la Fondation Restena participe activement par son expérience et en tant que relais des besoins de la recherche et de l'éducation au Luxembourg au développement de l'infrastructure réseau européenne et de ses services liés. Avec tous les NREN européens, et en tant que membre à part entière des réseaux de recherche et d'éducation européens, ses collaborateurs participent aux différents groupes de travail de l'association GÉANT dédiés à fédérer la communauté ainsi qu'à certains programmes de recherche. Tous sont amenés à se rencontrer régulièrement et à échanger directement sur leurs pratiques et expériences. Ensemble, les NREN participent également à de nombreux événements destinés à animer la communauté, avec parmi eux le plus connu, la conférence européenne annuelle TNC qui regroupe sur plusieurs jours l'ensemble des membres des réseaux de recherche et d'éducation et offre un aperçu des derniers développements en matière de mise en réseau de la recherche, tant dans le domaine technique que dans le domaine de l'application et de la gestion. La coopération ainsi que l'implémentation et l'évolution commune des services sont au cœur de ces services nationaux.

C'est justement dans l'un des programmes de recherche que le Luxembourg a apporté sa plus grande contribution à GÉANT et à la communauté des réseaux de recherche et

merous events to engage the community's interest, the best-known of which is Europe's annual TNC conference, which brings together all members of the research and education community for several days and offers insight into the latest developments in research networking, both on a technical level and in the fields of application and management. Cooperation is at the heart of these national services, as are the joint implementation and development of services.

As it happens, it is in one of these research programmes that Luxembourg made its largest contribution to GÉANT and the community of European research and education networks. The Restena Foundation played a key role in developing and setting up eduroam; its involvement goes right back to the start, in the mid-2000s. It was actually in Luxembourg that the research work on eduroam, the revolutionary secure wireless internet access service, made possible by an authenticated encryption solution, was piloted, following its launch in 2005. Now, 15 years later, not only do thousands of wireless hotspots all over the world offer researchers, educators and students completely secure internet access, but also the technology developed in eduroam has been incorporated into commercial solutions. Over the years, Luxembourg has continued to play a central role in the development of this service, and the country still leads the working group dedicated to technical developments in the eduroam service. The Restena Foundation works with eduroam's international R&D team on developing new functionalities. The latest of these is called



Remise des « Community Awards » par GÉANT et TERENA lors de la TNC 2014. L'un des deux prix a été décerné à Stefan Winter (deuxième à gauche) pour son action dans le développement du service et de la technologie eduroam. // *Presentation of the Community Awards by GÉANT and TERENA at TNC 2014. One of the prizes was awarded to Stefan Winter (second from the left) for his work on developing the eduroam service and technology.*

d'éducation européens. La Fondation Restena a joué un rôle fondamental dans le développement et la mise en place du service international eduroam, et ce, dès sa conception au milieu des années 2000. C'est en effet depuis le Luxembourg que le travail de recherche pour eduroam, le service réseau révolutionnaire d'accès sécurisé et sans fil à Internet, rendu possible grâce à une solution d'authentification cryptée, a été piloté dès son lancement en 2005. 15 ans plus tard, non seulement plus d'une centaine de pays et des milliers de points d'accès (*hotspots*) au réseau Wi-Fi quadrillent le monde entier pour permettre aux chercheurs, aux enseignants et à leurs étudiants de se connecter en toute sécurité à Internet, mais également des solutions commerciales intègrent la technologie développée dans eduroam. Au fil des années, le Luxembourg est resté l'un des piliers du développement de ce service et continue à jouer un rôle prépondérant dans le groupe de travail dédié aux développements techniques du service eduroam. La Fondation Restena participe aux côtés de l'équipe R&D internationale eduroam au développement de nouvelles fonctionnalités. La dernière en date est dénommée « eduroam Managed IdP », son objectif : faciliter l'implémentation d'eduroam dans les établissements d'enseignement et de recherche de l'Europe, notamment les petites institutions, grâce à une interface Web simplifiant l'administration locale et les tâches du personnel technique. •

“eduroam Managed IdP”. It is intended to facilitate the setting-up of eduroam in European education and research institutions, in particular the smaller ones, by using a web interface to simplify local administration and the work of technical staff. •



Logo du service eduroam // *Logo of the eduroam service*

Soutien aux politiques nationales

FR • Dès l'essor en 1987 des centres de recherche publics au Luxembourg, une demande de connexion à un réseau national fait rapidement surface. Des chercheurs de tous horizons souhaitent pouvoir accéder à des banques de données ou échanger e-mails et autres fichiers par le biais d'une connectivité sûre et performante. Tous voyaient dans cette nouvelle possibilité alors en plein développement l'opportunité de mener à bien des projets de recherche de plus grande envergure.

Pour ce faire, au-delà de la mise en place de réseaux, l'accès à Internet était primordial. Or, à la fin des années 80, le monde des réseaux était largement dominé par les USA qui abritaient, à l'intérieur de leur propre territoire, plusieurs réseaux de recherche gérés par les différentes agences américaines de recherche (NASA, NSF...) utilisant du matériel informatique de différents constructeurs. Afin d'asseoir sa position de leader sur le continent américain, IBM souhaitait conquérir le marché européen. Mais la Commission européenne a souhaité développer sa propre stratégie en la matière. D'où l'organisation, en mai 1985, d'un workshop au Luxembourg, prémices de ce qui aboutit plus tard à la naissance de l'association RARE. À l'époque, une multitude de protocoles étaient déployés en Europe, développement alimenté par la volonté des acteurs de pousser leur propre solution propriétaire, appuyés dans cette démarche par les différents constructeurs de *hardware*. L'heure était venue de s'orienter vers un système général plus ouvert, commun à tous, sans donner carte blanche aux entreprises américaines. Alors que la Commission favorisait les protocoles OSI, calmant dès lors la prolifération de systèmes

Support for national policy

EN • Soon after public research centres first emerged in Luxembourg in 1987, demand for connection to a national network emerged. Researchers in all areas wanted to be able to access data banks and to exchange emails and other files through a secure and high-performance connection. They all saw in this new possibility, development of which was then in full swing, an opportunity to conduct larger-scale research projects.

In order to achieve this, in addition to setting up networks, it was essential to have internet access. In the late 1980s, however, the world of networking was largely dominated by the United States, which housed, within its national territory, several research networks managed by different US research agencies (NASA, the National Science Foundation, etc.) using computer equipment produced by a range of manufacturers. In order to cement its North American dominance, IBM wanted to conquer the European market. The European Commission wanted to develop its own strategy in this area, however. The result was the holding, in May 1985, of a workshop in Luxembourg; this provided the seed from which RARE 'Réseaux associés pour la recherche européenne' association would eventually grow. At the time, a multitude of protocols had been deployed in Europe, the development of which was fuelled by the desire of those involved to push their own proprietary solutions; they were supported in this approach by the various hardware manufacturers. The time had come to move towards a more open, universal system, shared by all, without letting US companies have it all their own way. While the European Commission favoured the OSI protocols and so sought to slow the proliferation of divergent systems for a while, the

Les protocoles OSI, le concurrent déchu des TCP
Développés par l'UIT⁷ et favorisés par la Commission européenne dans les années 1980-1990, les protocoles OSI⁸ proposaient un standard de communication caractérisé par une structuration rigide et des implémentations parfois « tortueuses » (voir encadré « X.400 » en page 19). Se démarquant par une approche plus légère, les protocoles TCP/IP eurent la faveur des universités et environnements de recherche à la quête de solutions pragmatiques et, constituant à l'époque la force motrice du réseau Internet, ils s'y imposèrent naturellement.

OSI protocols: the defeated rival to TCPs
Developed by the ITU⁷ and promoted by the European Commission in 1980-1990, OSI⁸ protocols offered a communication standard characterised by rigid structuring and sometimes "tortuous" implementations (see "X.400" text box on page 19). With a noticeably lighter approach, TCP/IP were favoured by universities and research environments seeking pragmatic solutions; since such institutions were the driving force of the internet at the time, TCP/IP naturally won out.

⁷ UIT : Union Internationale des Télécommunications //

ITU : International Telecommunication Union

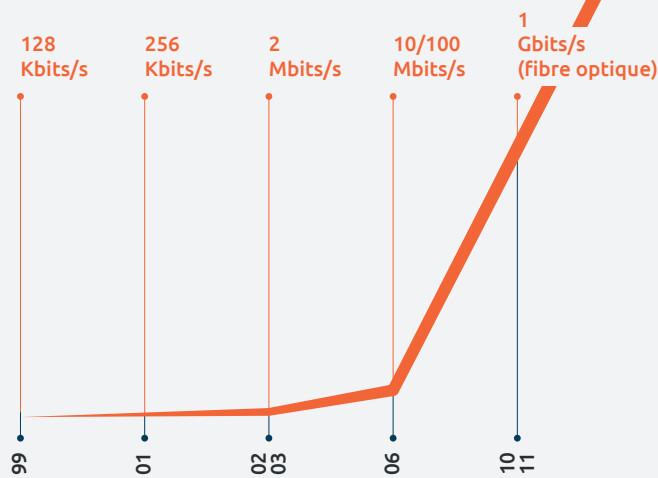
⁸ OSI : Open Systems Interconnection

PIERRE DECKER

« Pour le Luxembourg, l'enjeu était de trouver sa place sur le plan européen. Cela afin d'offrir aux centres de recherche et aux établissements d'enseignement supérieur une connexion aux réseaux internationaux, d'étendre ce réseau aux écoles et lycées du pays et d'anticiper les développements futurs. »

"For Luxembourg, the challenge was to find its place in the European landscape. The aim was to offer research centres and higher education institutions a connection to networks abroad, to extend that network to the country's primary and secondary schools, and to anticipate future developments."





Historique des connexions du Lycée du Nord (Wiltz) // Timeline of the connections at the Nord High School (Wiltz)

divergents pour un moment, l'approche plus pragmatique des protocoles IP leur permettait d'emporter ce qui est connu aujourd'hui comme « la guerre des protocoles ».

À chacune de ces étapes, le Luxembourg prit part aux discussions afin de suivre l'évolution de près et de participer à la coordination du paysage européen des réseaux, en témoigne Pierre Decker, alors actif au sein de l'administration gouvernementale luxembourgeoise et qui deviendra Président du Conseil d'administration de la Fondation Restena de 2000 à 2010. Pour le Luxembourg, l'enjeu était de trouver sa place sur le plan européen en tant que petit pays avec une communauté de chercheurs naissante mais également de répondre aux exigences de cette communauté au niveau national. Ambitions d'alors ? Offrir à ses centres de recherche et aux établissements d'enseignement supérieur une connexion aux réseaux internationaux, étendre ce réseau aux écoles et aux lycées du pays, mais aussi s'impliquer dès le début dans la création de ces réseaux afin d'être informé, en amont, des développements futurs en la matière et d'éviter ainsi d'investir dans des approches ou technologies qui se révéleraient éphémères par la suite.

Le Luxembourg a vite compris l'importance de préserver son indépendance et son autonomie, évitant par exemple de dépendre d'autres pays pour pouvoir accéder aux autres réseaux. Le potentiel des technologies de l'information et de la communication, considérable pour la recherche comme pour l'éducation, a ainsi vite été perçu

IPs' more pragmatic approach enabled them to win what are now known as protocol wars.

At every one of these stages, Luxembourg took part in the discussions, in order to follow developments closely and shape the European networking landscape. Pierre Decker – who then worked in the Luxembourg civil service and would become President of the Board of Directors of the Restena Foundation from 2000 to 2010 – bears witness to that involvement. For Luxembourg, as a small country with a budding community of researchers, the challenge was to find its place in the European landscape, but also to meet the requirements of its domestic research community. The country's ambitions at the time were to offer its research centres and higher education institutions a connection to international networks; to extend those networks to the country's primary and secondary schools; and to be involved, from the start, in the creation of the networks, so as to stay ahead of the game as regards future developments in this area and avoid investing in approaches or technologies that would turn out to be ephemeral.

Luxembourg had quickly understood the importance of retaining its independence and autonomy; for example, it avoided depending on other countries to access other networks. Accordingly, the country quickly grasped the considerable potential of information and communication technologies, for both research and education. This desire for autonomy is illustrated by the rapid acquisition of the .lu country code top-level domain, management of which

par le pays. Ce désir d'autonomie s'est d'ailleurs illustré par la rapide acquisition d'un nom de domaine national, .lu, dont la gestion fut dès le départ confiée à RESTENA. Motivé lui aussi par cette envie de ne pas manquer le coche, le gouvernement luxembourgeois a toujours soutenu cette évolution et RESTENA, considéré comme principal acteur de ce développement. Le pays a ainsi rapidement investi une part de son PIB dans la recherche, domaine devenant, dès l'an 2000 et la naissance de la fondation, une priorité politique déclarée du gouvernement. Cette audace a valu au Luxembourg de faire figure d'avant-garde dans le domaine des réseaux au sein de l'Union européenne, notamment du fait que le pays ne disposait que d'un seul et unique réseau pour l'ensemble du milieu scolaire, universitaire et de la recherche.

Robert Kerger, président de la Fondation Restena depuis 2010, l'affirme aujourd'hui encore : la politique numérique a toujours été une priorité pour le gouvernement, tout comme la politique de recherche qui a de plus en plus besoin d'être connectée, d'avoir accès à de grandes quantités de données et de bénéficier d'ordinateurs mis en réseau pour travailler et collaborer efficacement ensemble. Ce secteur en particulier a toujours eu plus qu'aucun autre besoin de bénéficier d'une connectivité de haute performance et sécurisée. Les cyberattaques étant devenues de plus en plus fréquentes, le Luxembourg ne peut en effet se permettre des lacunes dans ce domaine. Des ingénieurs ont ainsi été recrutés pour renforcer ce pan des activités de la Fondation Restena et mettre en place toutes les mesures de précaution nécessaires. L'ensemble de ces services, assurés par la fondation, témoignent de son rôle incontournable et de sa légitimité sur le plan national.

Également à la fin des années 80, et parallèlement à l'essor des centres de recherche, l'éducation est à son tour progressivement entrée dans l'ère numérique. L'Athénée fut d'ailleurs le premier établissement à lancer son site au Luxembourg – un des premiers à obtenir le fameux nom de domaine en .lu en dehors des ministères – et le premier à se doter d'un cybercafé en 1996. Daniel Weiler y était professeur de mathématiques et se souvient bien de l'arrivée progressive de l'informatique à l'école dès 1984, des premiers ordinateurs connectés sur un réseau rudimentaire, des modems, de l'accès à Internet et des discussions que cela engendra. Car rapidement, l'Éducation nationale décéla le potentiel énorme d'Internet et se demanda comment utiliser cet outil pour donner une valeur ajoutée à la pédagogie.

was entrusted to RESTENA from the outset. Also not wanting to miss the boat, the Luxembourg Government offered its support, right from the start, for this development and for RESTENA, which was considered the driving force. Consequently, the country quickly invested part of its GDP in research; in 2000, with the establishment of the Foundation, this became one of the government's declared political priorities. This boldness resulted in Luxembourg becoming a pioneer in the field of networking in the European Union, not least because the country had just one network for the whole school, university and research community.

Robert Kerger, President of the Restena Foundation since 2010, still says it today: digital policy has always been a priority for the government, as has policy relating to research, which increasingly needs to be connected, to have access to large quantities of data, and to use networked computers to enable effective cooperation and collaboration. This sector, in particular, has always needed, more than any other, to enjoy high-performance, secure connectivity. Since cyberattacks have become increasingly common, Luxembourg cannot allow shortcomings in this area. Accordingly, engineers have been recruited to bolster this area of Restena's activities and put in place the necessary precautionary measures. All these services, provided by the Foundation, demonstrate its key role and standing in national life.

Also at the end of the 1980s, at the same time as the research centres were taking off, education was, for its part, gradually entering the digital age. Athénée High School was the first Luxembourg school to set up a website – one of the first institutions other than a ministry to be allocated the .lu domain name – and, in 1996, the first to have a cybercafé. Daniel Weiler taught mathematics there and remembers the gradual arrival of IT in the school from 1984 onwards well: the first computers connected to a rudimentary network, modems, internet access and the discussions to which all of that gave rise. The national education system quickly spotted the internet's enormous potential and started wondering how to use this tool to enhance teaching.

In 2000, this potential was given concrete expression with the mySchool! project, Luxembourg's education portal, created in collaboration with Restena and the 'Centre de Technologie de l'Éducation'. The flagship project of eLuxembourg, the country's first digitalisation project, the mySchool! project enabled those involved in education to access, through a virtual office that could be tailored to



Portail de l'éducation nationale mySchool! en 2006 // The national education portal mySchool! in 2006

En 2000, les choses se concrétisent avec le projet mySchool!, portail de l'éducation du Luxembourg, réalisé en collaboration avec la Fondation Restena et le Centre de technologie de l'éducation (CTE). Projet phare de digitalisation du pays, le portail mySchool! permet aux acteurs de l'éducation d'accéder par l'intermédiaire d'un bureau virtuel personnalisable à des ressources de qualité, évaluées par des experts, et d'utiliser efficacement des outils de collaboration et de communication. Au niveau européen, le lancement de *European Schoolnet* rassembla les acteurs de l'éducation nationale à Bruxelles. Le Luxembourg s'y fit remarquer et passa pour précurseur grâce à son réseau unique, commun à l'éducation et à la recherche.

Aujourd'hui plus que jamais, l'éducation nationale luxembourgeoise entend intégrer toujours davantage les nouvelles technologies dans ses méthodes d'enseignement. En 2020, 15 000 machines sont installées dans les 40 lycées du pays et 30 000 iPads sont mis à disposition de pas moins de 45 000 élèves – un nombre qui devrait encore augmenter si l'on en croit le projet d'un appareil (device) par élève. Le déploiement de ces appareils mobiles se doit d'être assuré, les réseaux sont toujours plus sollicités, les besoins de *streaming* pour bénéficier de cours en ligne augmentent... Autant d'exigences auxquelles doit

each individual, quality resources that had been evaluated by experts, and to effectively use collaboration and communication tools. At the European level, the launch of European Schoolnet brought together representatives of national education systems in Brussels. Luxembourg stood out there, with its unique network, shared by education and research, making it pioneer.

Now more than ever, Luxembourg's national education system is increasingly seeking to integrate new technologies into its teaching methods. In 2020, 15,000 machines were installed in the country's 40 secondary schools and 30,000 iPads were made available to no fewer than 45,000 students; that number should increase further, if the one device per student policy is to be believed. With the deployment of these mobile devices apparently guaranteed and streaming requirements in order to make use of online classes increasing, the demands on networks are ever greater. That means greater demand that the Restena Foundation needs to meet, supported by a government conscious of the challenges of digitalising education. As a result, investments have been made in this area and have borne fruit, as shown by the pandemic of 2020. Unlike in other European countries, Luxembourg was in a position to adapt to the constraints of the situation, performing the move to home schooling in just two weeks.

répondre la Fondation Restena, soutenue par un gouvernement conscient des enjeux de la digitalisation de l'éducation. Des investissements conséquents en la matière ont ainsi été réalisés et ont porté leurs fruits, en témoigne la pandémie de 2020. Contrairement à d'autres pays en Europe, le Luxembourg a été en mesure de s'adapter aux contraintes imposées par la situation en proposant de passer en école à domicile (*homeschooling*) en deux semaines seulement.

Reste que pour la Fondation Restena, le défi en coulisses est de taille : assurer une connectivité haut de gamme, garantir la sécurité informatique, déployer des réseaux performants, assurer l'hébergement de sites Internet... Des missions quotidiennes auxquelles s'ajoute son rôle de conseiller auprès des différents gouvernements de ces dernières années. Prudente, la Fondation Restena a ainsi su orienter les politiques vers des choix qui se sont révélés fiables et efficaces, tant au niveau de l'éducation que de la recherche. Aujourd'hui, elle poursuit ses missions initiales tout en investissant dans la cybersécurité, un des principaux enjeux actuels pour la recherche comme pour l'éducation, et participe à des projets de recherche au niveau européen, notamment dans le domaine des calculateurs superpuissants. ●

Of course, the problem facing Restena behind the scenes is sizable: ensuring top-notch connectivity, ensuring IT security, deploying high-performance networks, guaranteeing hosting for websites, etc. In addition to these day-to-day roles, it has had a role as an advisor to various governments in recent years. Being cautious, Restena has been able to guide policy in the direction of choices that have proved reliable and effective, for both education and research. Today, the Restena Foundation continues in its initial roles, while investing in cybersecurity, one of the main current challenges faced by both research and education, and participating in European-level research projects, in particular supercomputers. ●

Assurer la sécurité numérique

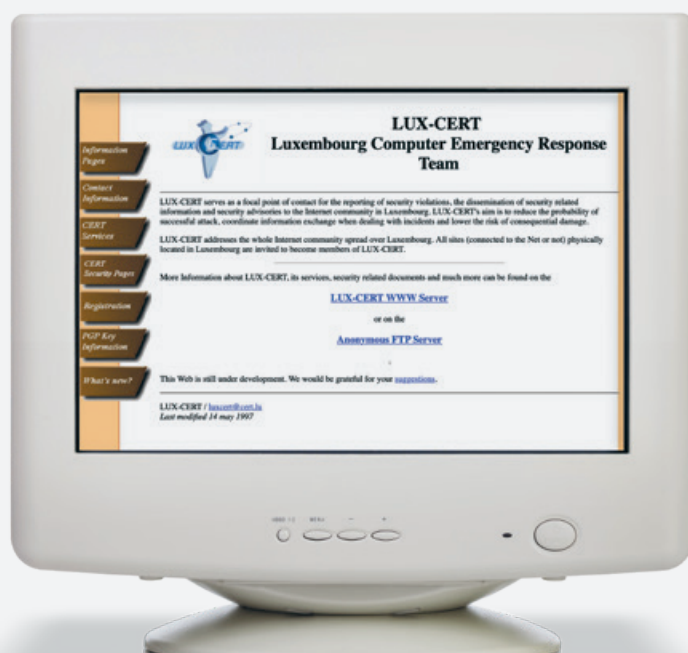
FR • Dans les années 1990, alors que le réseau pour la recherche et l'éducation au Luxembourg se construit et que la gestion de l'accès Internet revient au projet RESTENA, la sécurité des données, tant dans leurs échanges que dans leurs stockages, fait l'objet de toutes les attentions.

L'équipe gérant le réseau RESTENA, alors hébergé au CRP Henri Tudor en tant que centre de services, collabore avec l'équipe *Computing Network and Services* (CNS) du CRP Henri Tudor sur des activités en matière de sécurité informatique dès le milieu des années 1990. Ensemble, ils travaillent sur un projet visant à développer une structure d'alerte (CERT⁷) pour la sécurité dans les réseaux télématiques publics à destination de l'ensemble des entreprises. Avec les équipes du CRP Henri Tudor, RESTENA se lance dans le projet LUX-CERT⁸ et publie le site Internet cert.lu, servant de point de contact pour le signalement des violations de la sécurité, la diffusion d'informations relatives à la sécurité et les conseils de sécurité à la communauté Internet au Luxembourg inscrite en tant que membre sur le site. Déjà en 1997, il est question de ré-

Ensuring digital security

EN • In the 1990s, while Luxembourg's research and education network was being built and internet access was managed by the RESTENA project, the security of data, both while being exchanged and while being stored, attracted a great deal of attention.

From the mid-1990s onwards, the team managing the RESTENA network, the service centre for which was then housed in the Public Research Centre (CRP) Henri Tudor, worked with the CRP Henri Tudor's Computing Network and Services team on activities relating to IT security. They jointly carried out a project aiming to develop a warning system (CERT⁷) for security in public telecomputing networks, intended for all companies. Along with the various teams of CRP Henri Tudor, RESTENA launched the LUX-CERT⁸ project and set up the cert.lu website, serving as a point of contact for reporting security breaches, disseminating security-related information and publishing security advice for the members of Luxembourg's internet community registered as members on the site. By 1997, it was already a question of reducing the probability of a successful attack, coordinating information exchange while



Site internet dédié à LUX-CERT, cert.lu en 1997 // LUX-CERT's cert.lu website in 1997

⁷ CERT : Computer Emergency Response Team

⁸ LUX-CERT : Luxembourg Computer Emergency Response Team

duire la probabilité d'une attaque réussie, de coordonner l'échange d'informations lors de la gestion des incidents et de réduire le risque de dommages consécutifs. Avec la fin de ce projet d'une durée d'un an et demi, le site « fermera ses portes » quelques années plus tard. Mais, tant le site cert.lu que l'idée d'un CERT national ressurgiront dans le troisième millénaire lorsque ces notions auront trouvé un écho plus favorable.

Le site CERT.lu, tel qu'on le connaît en 2020, est géré par SECURITYMADEIN.LU, organisme assurant les activités du CIRCL⁹. Il est le fruit d'une initiative commune des pionniers des CERT au Luxembourg : le CERT gouvernemental (GOVCERT.LU¹⁰), dédié aux ministères, administrations, services et ambassades du gouvernement luxembourgeois, du CIRCL, destiné au secteur privé, aux communes et entités non gouvernementales au Luxembourg, et du CSIRT¹¹ de la Fondation Restena au service des acteurs de l'éducation et de la recherche. Ces CERT publics luxembourgeois étaient actifs avant que l'écosystème national n'évolue et ne voit l'apparition de nombreux autres acteurs privés et publics. Avec CERT.lu, qui regroupe l'ensemble des CERT existants au Luxembourg, ils mettent sur pied en 2015 une porte d'entrée vers la communauté des CERT au Luxembourg, que ceux-ci soient privés ou publics.

Mais, alors que le Luxembourg met en place ses premières actions en faveur d'une utilisation plus sûre d'Internet, la question de faire du cyberspace un monde plus sûr et sécurisé résonne également en Europe, parmi la communauté de la recherche et de l'éducation européenne. Dès le début du troisième millénaire, elle prend même une place de choix. En 2000, l'association euro-

Le rôle central des CSIRT

Aux CSIRT⁹ incombe un rôle central à la protection des réseaux. Habituellement constitués de spécialistes de la sécurité informatique, ils peuvent aider à prévenir des attaques via leurs activités de veille, ou venir au secours dès lors que des mesures s'avèrent insuffisantes. Mais, au-delà des services envers les communautés qui leur sont rattachées, les CSIRT nationaux et internationaux collaborent intensément afin de mettre en commun leurs connaissances et être plus efficaces dans leur travail.

The central role of CSIRTs

CSIRTs⁹ play a central role in protecting networks. Normally made up of IT security specialists, they can help to prevent attacks through their monitoring activities, or provide help when those measures prove insufficient. In addition to services for the communities to which they are attached, however, national and international CSIRTs work together intensively to pool their knowledge and make their work more effective.

⁹ CSIRT : Computer Security Incident Response Team

managing incidents and reducing the risk of resulting damage. The project lasted a year and a half; a few years after it finished, the website would "shut up shop". However, both the cert.lu website and the idea of some sort of national CERT system would be back in the 21st century, when they would be better received.

The cert.lu website, as we know it in 2020, is managed by SECURITYMADEIN.LU, the body which runs the CIRCL⁹. The government CERT (GOVCERT.LU¹⁰) is dedicated to the ministries, public authorities, services and embassies of the Luxembourg Government; CIRCL is intended for Luxembourg's private sector, municipalities and non-governmental organisations; and the Restena Foundation's CSIRT¹¹ serves those involved in education and research. Luxembourg's public CERTs were active before the national ecosystem had developed to the point where numerous other private and public entities had emerged. In 2015, all of Luxembourg's existing CERTs came together to launch CERT.lu, a gateway to the country's community of CERTs, private or public.

Yet, while Luxembourg was taking its first steps towards more secure internet use, the issue of making cyberspace into a safer, more secure place resonated throughout the European research and education community. From the start of the 21st century, it even became prominent. In 2000, the European-level TERENA association launched a dedicated working group: the Task Force on Computer Security Incident Response Teams (TF-CSIRT). On the basis of numerous challenges and debates in the TF-CSIRT, and drawing on the experience of other European NRENs that had gradually incorporated a CSIRT into their operations, the Restena Foundation developed its own CSIRT for the Luxembourg research and education community. Even be-

⁹ CIRCL : Computer Incident Response Center Luxembourg

¹⁰ GOVCERT.LU : Governmental Computer Emergency Response Team Luxembourg

¹¹ CSIRT : Computer Security Incident Response Team

péenne TERENA lance un groupe de travail dédié dénommé *Task Force on Computer Security Incident Response Teams*, TF-CSIRT. Grâce aux nombreux enjeux et discussions qui y sont débattus et forte des expériences menées au cœur par les autres NREN européens qui ont progressivement intégré un CSIRT dans leurs activités, la Fondation Restena développe son propre CSIRT pour la communauté luxembourgeoise de la recherche et de l'éducation. Avant même que la première stratégie de cybersécurité nationale du gouvernement luxembourgeois n'évoque la mise en place d'équipes spécialisées (*Computer Emergency Response Team - CERT*) capables de prendre en charge des incidents de sécurité majeurs, la recherche et l'éducation bénéficient d'un certain nombre de services propres aux CERT.

Au sein du projet RESTENA, puis à la Fondation Restena, la problématique de la sécurité a toujours été partie intégrante des activités de gestion de l'infrastructure réseau pour le bénéfice de sa communauté. La mise sur pied en 2008 de son *Computer Security Incident Response Team* (Restena-CSIRT) apportera un cadre officiel à des activités déjà largement éprouvées. Avec lui, la Fondation Restena travaille en coopération avec le personnel responsable des institutions connectées au réseau RESTENA afin de supporter et de coordonner la réponse aux incidents de sécurité informatique au sein de la communauté de la recherche et de l'éducation. En 2009, le Restena-CSIRT est la première équipe CERT/CSIRT accréditée *Trusted Introducer* (TI) au Luxembourg, permettant à la Fondation Restena d'avoir accès à un large réseau CSIRT international pour partager compétences et renseignements et d'être à la pointe des dernières techniques existantes. L'activité CSIRT agit comme plateforme pour que les différents responsables sécurité des établissements connectés sur le réseau RESTENA soient informés des problèmes existants et aient un point de contact pouvant aider à gérer des incidents. En effet, comme tout utilisateur de réseaux, les secteurs de l'éducation et de la recherche au Luxembourg peuvent à tout moment être confrontés à des incidents de sécurité informatique compromettant leurs activités opérationnelles voire menaçant la sécurité de leurs informations.

La recherche et l'éducation sont des secteurs à protéger. Non seulement l'infrastructure réseau est incontour-

fore the Luxembourg Government's first cybersecurity strategy mentioned the setting-up of specialist Computer Emergency Response Teams (CERTs) capable of handling major security incidents, research and education has benefited from some of the services characteristic of a CERT.

Within the RESTENA project and, later, the Restena Foundation, the security issue had always been an integral part of network-infrastructure management activities, with the benefit of the community in mind. The establishment, in 2008, of its Computer Security Incident Response Team (Restena-CSIRT), would provide an official framework for activities that were already very much tried and tested. With Restena-CSIRT, the Restena Foundation worked in cooperation with the staff responsible for the institutions connected to the RESTENA network to support and coordinate the response to IT security incidents within the research and education community. In 2009, Restena-CSIRT was the first CERT/CSIRT team accredited as a Trusted Introducer in Luxembourg, giving the Restena Foundation access to a large international CSIRT network, in order to pool skills and information and be at the cutting edge of the latest existing techniques. CSIRT activity acted as a platform to enable the various security managers of the institutions connected to the RESTENA network to be informed of the existing problems and have a point of contact that could help them to manage incidents. Like any network user, the education and research sectors in Luxembourg could, at any time, be confronted with IT security incidents compromising their operational activities or even threatening the security of their data.

The research and education sectors need protection. Not only is network infrastructure absolutely essential for the performance of their activities, but large amounts of data and information with potentially sensitive or even secret content are also stored, exchanged, discussed and republished on that infrastructure. Over time, all this has underscored that it is just as important for the digital identities of the community browsing the network to be verified and secure, as it is for the technology and infrastructure to be verified and secure. In fact, as new communication technologies have broken into the world of work, and incidences of cyberattacks and cyberespionage have become more repeated and stronger, the development of a robust protec-



Logo CERT.lu // Logo of CERT.lu

nale et cruciale pour le développement de leurs activités mais de nombreuses données et informations au contenu potentiellement sensible voire secret y sont également stockées, échangées, discutées, rééditées. Tout ceci a fait ressortir au fil du temps l'importance d'avoir au même titre que les technologies et infrastructures une identité numérique contrôlée et sécurisée pour le bénéfice de la communauté naviguant sur le réseau. D'ailleurs, à mesure que les nouvelles technologies de communication ont envahi la sphère professionnelle et que les attaques et espionnages numériques se sont faits de plus en plus récurrents et forts, l'émergence d'un système de protection solide est devenue plus qu'indispensable. Chercheurs, enseignants, professeurs doivent pouvoir compter sur et avoir confiance non seulement en une infrastructure technique mais également en des services capables de répondre aux dernières normes de sécurité informatique ; mieux, d'anticiper les défis de demain.

Pour garantir la stabilité et la sécurité de l'infrastructure du réseau luxembourgeois de la recherche et de l'éducation, plus largement de l'ensemble des infrastructures essentielles qu'elle a à sa charge, à savoir l'infrastructure DNS et la plate-forme d'échange de trafic Internet LU-CIX, la Fondation Restena investit et maintient les dernières technologies et les serveurs à la pointe du progrès. Pour protéger au mieux les données transitant sur les différents réseaux maintenus par la Fondation Restena, celles-ci bénéficient des protocoles de sécurisation des échanges les plus poussés.

Dès 2011, l'infrastructure du .lu, plus précisément la zone DNS, gérée par la Fondation Restena est signée par le protocole DNSSEC¹². Grâce à lui, les enregistrements DNS sont authentifiés par des clés cryptographiques garantissant une intégration parfaite de chaque domaine dans une chaîne de confiance au sein de l'arborescence du système de nommage sur Internet. Dès son intégration, la communauté de la recherche et de l'éducation

tion system has become indispensable. Researchers and educators must be able to count on and have confidence in, not just technical infrastructure, but also services that are capable of complying with the latest IT security standards or, better still, of anticipating the challenges of tomorrow.

In order to guarantee the stability and security of the infrastructure of Luxembourg's research and education network and, more broadly, of all the essential infrastructure that it manages, in particular the DNS infrastructure and the LU-CIX internet exchange point, the Restena Foundation is investing in and maintaining the latest technologies and cutting-edge servers. With a view to offering the greatest possible protection for data transiting through the various networks maintained by Restena, those data benefit from the most advanced security protocols available.

Since 2011, the .lu infrastructure managed by the Restena Foundation, the DNS area to be more specific, has been signed by the DNSSEC¹² protocol. As such, DNS registrations are authenticated with cryptographic keys guaranteeing that all domains are fully integrated into a chain of trust within the tree structure of the internet naming system. Since their integration into that chain of trust, the research and education community has benefitted from this protocol on the authoritative servers – those containing the information on each .lu name recorded in the DNS – made available by the Restena Foundation. DNSSEC remains, 10 years after its incorporation, the best form of protection against DNS-hijacking attacks. Yet, while it has been applied in the research and education sector, it should be noted that its adoption remains far from widespread: In 2020, just 3% of .lu domain names have been signed by the DNSSEC, even though some 70% of the resolvers in Luxembourg are capable of verifying these signatures. The recursive resolvers – necessary for accessing online content and services – made available to the research and education community by the Restena Foundation account for part of that figure because they also vali-



Logo Trusted Introducer //
Logo of Trusted Introducer

¹² DNSSEC : Domain Name System Security Extensions

bénéficie de ce protocole sur les serveurs « faisant autorité » – contenant et diffusant les informations relatives à chaque nom en .lu enregistré dans le DNS – mis à disposition par la Fondation Restena. Dix ans après son intégration, DNSSEC reste la meilleure des protections face aux attaques visant au détournement de noms de domaine. Mais bien qu'il soit appliqué au secteur de la recherche et de l'éducation, force est de constater qu'il est encore loin d'être entré dans les mœurs. En 2020, au Luxembourg, seuls 3 % des noms de domaine en .lu sont signés par DNSSEC alors que, pourtant, déjà près de 70 % des résolveurs existants sur le territoire sont capables de vérifier de telles signatures. Les résolveurs récursifs, nécessaires pour accéder au contenu et services en ligne, mis à disposition de la communauté de la recherche et de l'éducation par la Fondation Restena, contribuent à ce nombre car ils valident également les réponses obtenues grâce à la technologie DNSSEC. Une telle validation est par ailleurs également proposée par un résolveur offrant ses services au grand public via les protocoles DNS-over-TLS¹³ (DoT) et DNS-over-HTTPS (DoH), évolutions du DNS ayant émergé au milieu des années 2010. En chiffrant les communications DNS entre client et serveur, ces technologies renforcent la confidentialité des utilisateurs et favorisent la transition vers un système de noms de domaine plus sûr.

Au-delà du système de noms de domaine, la Fondation Restena accompagne la transition vers un Internet plus sécurisé et évolutif. Au début des années 2000, soit près d'une décennie avant l'implémentation de DNSSEC, elle a joué un rôle moteur dans l'introduction du protocole IPv6¹⁴, successeur d'IPv4¹⁵ dont la fin des possibilités d'adressage est anticipée dès les années 2000, pour l'accès au réseau Internet. Dès 2003, la Fondation Restena introduit pour la première fois le protocole IPv6 au Luxembourg et en fait bénéficier l'ensemble de son réseau. Non seulement elle attribue d'office aux acteurs de la recherche et de l'éducation un adressage IPv6, mais elle en fait surtout bénéficier l'ensemble des fournisseurs d'accès à Internet dans le cadre du *Luxembourg Internet Exchange* (LIX) opéré de 1998 à 2009. ●

date the responses obtained used DNSSEC technology. In fact, this validation is also provided by a resolver offering its services to the general public via the DNS-over-TLS¹³ (DoT) and DNS-over-HTTPS (DoH) protocols, which evolved from the DNS in the mid-2010s. By encrypting communications between client and server, these technologies enhance user confidentiality and encourage the transition towards a more secure domain name system.

Beyond the domain name system, the Restena Foundation is supporting the transition to a more secure and scalable internet. At the start of the 2000s, around a decade before the DNSSEC was implemented, the Foundation was the driving force behind the introduction of IPv6¹⁴ – the successor to IPv4¹⁵, the addressing possibilities of which have been expected to be exhausted since the 2000s – for internet access. Therefore, starting in 2003, the Restena Foundation introduced IPv6 to Luxembourg and deployed it for the whole RESTENA network. Restena did not just make IPv6 addressing compulsory for all those involved in research and education; it, in particular, made the new protocol available to all internet service providers operating through the Luxembourg Internet Exchange (LIX), which was operational from 1998 to 2009. ●

¹³ **TLS**: Transport Layer Security

¹⁴ **IPv6** : Adresse codée sur 128 bits identifiant de façon unique un équipement sur le réseau (p.ex. 2001:a18:1::83). // 128-bit address providing a unique identifier for a device on the network (e.g. 2001:a18:1::83)

¹⁵ **IPv4** : Adresse codée sur 32 bits identifiant de façon unique un équipement sur le réseau (p.ex. 158.64.1.83). // 32-bit address providing a unique identifier for a device on the network (e.g. 158.64.1.83)

4

Vision
d'avenir
//
*Vision of the
future*

Une volonté de connexion

FR • Réseau national de recherche et d'éducation (NREN) pour le Luxembourg, la Fondation Restena est membre de l'association GÉANT, la principale collaboration européenne en matière d'e-infrastructure et de services pour la recherche et l'éducation qui, avec ses 39 membres, assure une communauté interconnectée de NREN européens. L'association collabore avec des membres développant et partageant services, compétences et grandes infrastructures de réseau à l'échelle internationale, mais qui travaillent également main dans la main pour tenter de réduire la fracture numérique, lancer de nouveaux projets et trouver des réponses innovantes et rapides à un large éventail de besoins internationaux en matière de recherche et d'éducation. Même si les NREN européens varient considérablement dans leur taille, leur portée, leur mode de travail et de gouvernance, l'opinion qui prévaut au sein des membres de GÉANT est que la communauté est au service de tous.

Comme l'explique Erik Huizer, CEO de GÉANT, si les NREN, grands ou petits, sont nationaux, ce n'est pas le cas de la recherche et de l'éducation. Les NREN peuvent tous être différents et avoir leur propre culture, mais ils ont également une volonté commune inhérente de se connecter au niveau international et de s'assurer que leurs applications fonctionnent au-delà des frontières. Si tel n'était pas le cas, ils ne seraient guère utiles pour les chercheurs et les enseignants de leurs pays respectifs. La Fondation Restena ne se contente pas de fournir des services luxembourgeois au Luxembourg, mais elle fournit également des services déployés par tous les autres NREN dans le monde, tout comme elle aide à développer des outils utilisés à l'échelle mondiale. À titre d'exemple peut être citée la contribution de la Fondation Restena à eduroam, l'une des applications rencontrant le plus de succès.

The drive to connect

EN • As the national research and education network (NREN) for Luxembourg, the Restena Foundation is a member of the GÉANT Association, Europe's leading collaboration on e-infrastructure and services for research and education. Together with its 39 members, GÉANT ensures an interconnected community of European NRENs. The Association operates collaboratively, with members developing and sharing international network infrastructure, services and expertise on a large scale, but also working together to help close the digital divide, initiate new projects and find innovative and rapid responses to a wide range of international research and educational needs. Even though Europe's NRENs vary widely in size, scope, way of working and form of governance, the prevailing opinion among all of GÉANT's members is that the community serves them all.

As GÉANT's CEO Erik Huizer explains, while NRENs, large or small, are national, research and education are not. NRENs may all be different and have their own cultures, but they also have an inherent common drive to connect internationally and make sure their applications work across borders. If this were not the case, they would be of little use to researchers and educators in their respective countries. Restena does not just provide Luxembourgish services in Luxembourg, it provides services deployed by all the other NRENs in the world, just as it helps to develop tools used globally. A good example of this is Restena's contribution to eduroam, which is one of GÉANT's most successful applications.

The GÉANT community connects over 50 million users at 10,000 institutions across Europe and initiates projects of all sizes. Right now, there are over 20 different projects in progress, with costs ranging from a couple of €100,000 to €25 million a year. One of the biggest is the GN4-3N

ERIK HUIZER

« La communauté GÉANT connecte plus de 50 millions d'utilisateurs dans 10 000 institutions à travers l'Europe, fédérant ainsi la recherche et l'éducation au niveau international et leur permettant de fonctionner au-delà de leurs frontières. »

"The GÉANT community connects over 50 million users at 10,000 institutions throughout Europe, so bringing together research and educational at the international level and enabling those institutions to operate outside their countries."



La communauté GÉANT connecte plus de 50 millions d'utilisateurs dans 10 000 institutions à travers l'Europe et lance des projets de toute taille. À l'heure actuelle, plus de 20 projets différents sont en cours, pour un montant oscillant de quelque 100 000 euros à 25 millions d'euros par an. L'un des plus importants est le projet GN4-3N, qui vise à renouveler et à mettre à jour le réseau afin de répondre aux besoins croissants de la communauté européenne de la recherche et de l'éducation pour les 15 prochaines années et de lui donner un accès égal et performant aux infrastructures et ressources de recherche et d'éducation. Cela implique le déploiement de la fibre sur tout le continent européen. Actuellement, le réseau utilise *grosso modo* la fibre en Europe occidentale mais pas à l'Est. D'ici 2023, tous les pays européens (à l'exception peut-être de Malte et Chypre car les connecter coûterait extrêmement cher) utiliseront la fibre sur les propres longueurs d'onde de GÉANT, permettant ainsi une flexibilité maximale. GÉANT peut alors soutenir des expériences internationales très spécifiques nécessitant une bande passante très élevée et un accès non perturbé à de grandes installations de recherche dans toute l'Europe. Une expérience d'envergure entre l'Ukraine et le Luxembourg pourrait par exemple être mise en place avec un canal entièrement dédié.

Les projets GN4-3 et GN4-3N reçoivent des financements de l'Union européenne (UE) même s'ils concernent également de nombreux pays tiers. Selon Erik Huizer, cela se justifie par le fait que l'UE a toujours adopté une vision large, basée sur l'idée que l'inclusion des pays entourant l'UE mène à un environnement plus collaboratif et stable que s'ils étaient exclus. Le CEO de GÉANT estime que cette vision porte ses fruits et explique qu'en regardant la carte mondiale des réseaux de recherche et d'éducation, une concentration claire se distingue en Europe, alimentée par de solides infrastructures grâce à l'ensemble des NREN et des applications comme eduroam et eduGAIN, qui établissent également des connexions en dehors de l'Europe.

Un autre projet d'envergure dans lequel GÉANT, de concert avec RedCLARA¹ et les NREN d'Europe et d'Amérique latine, joue un rôle primordial est BELLA², qui vise à mettre en place un câble sous-marin permettant d'établir

project, targeted at renewing and updating the network to support the rapidly expanding needs of Europe's research and education community for the next 15 years and giving them equal high-performance access to research and education infrastructure and resources. This entails rolling out fibre across the European continent. Broadly speaking, the network in Western Europe is currently fibre, but that in the East is not. By 2023, all European countries (with the possible exceptions of Malta and Cyprus, which would be extremely expensive to connect) will be on fibre on GÉANT's own wavelengths, allowing maximum flexibility. GÉANT can then support very specific international experiments requiring very high bandwidth and undisturbed access to large research facilities throughout Europe. A large-scale experiment conducted between Ukraine and Luxembourg, for example, could be set up with a channel completely dedicated to it.

The GN4-3 and GN4-3N projects receive EU funding, even though many non-EU countries are involved too. According to Erik Huizer, this is because the EU has always taken a broad view, based on the idea that including the EU's neighbouring countries leads to a more collaborative and stable environment than if they were excluded. GÉANT's CEO believes that this broad view is paying off and explains that, if you look at the world map of research and education networks, they are clearly concentrated in Europe.

This concentration is fuelled by the continent's great infrastructure, with all the NRENs and applications like eduroam and eduGAIN, which also attract connections from outside Europe.

Another large project in which GÉANT plays a key role, along with RedCLARA¹ and European and Latin American NRENs, is BELLA², which will see a submarine cable laid to establish a direct connection between Europe and Latin America. Currently, all traffic between Europe and South America goes through the United States; this has several disadvantages, from delays in time-critical fields to dependence on a third party. The new cable is expected to be in place in the first half of 2021 and will provide scalable spectrum for research and education collaboration to meet the long-term data-sharing needs of the European and Latin American research and education communities.



Logo de l'association GÉANT // Logo of GÉANT Association

¹ RedCLARA : Latin American Cooperation of Advanced Networks

² BELLA : Building the Europe Link with Latin America

Carte des membres de l'association GÉANT en octobre 2019

Map of GÉANT members in October 2019

Source : geant.org

GÉANT MEMBERSHIP

NATIONAL MEMBERS

1 per country

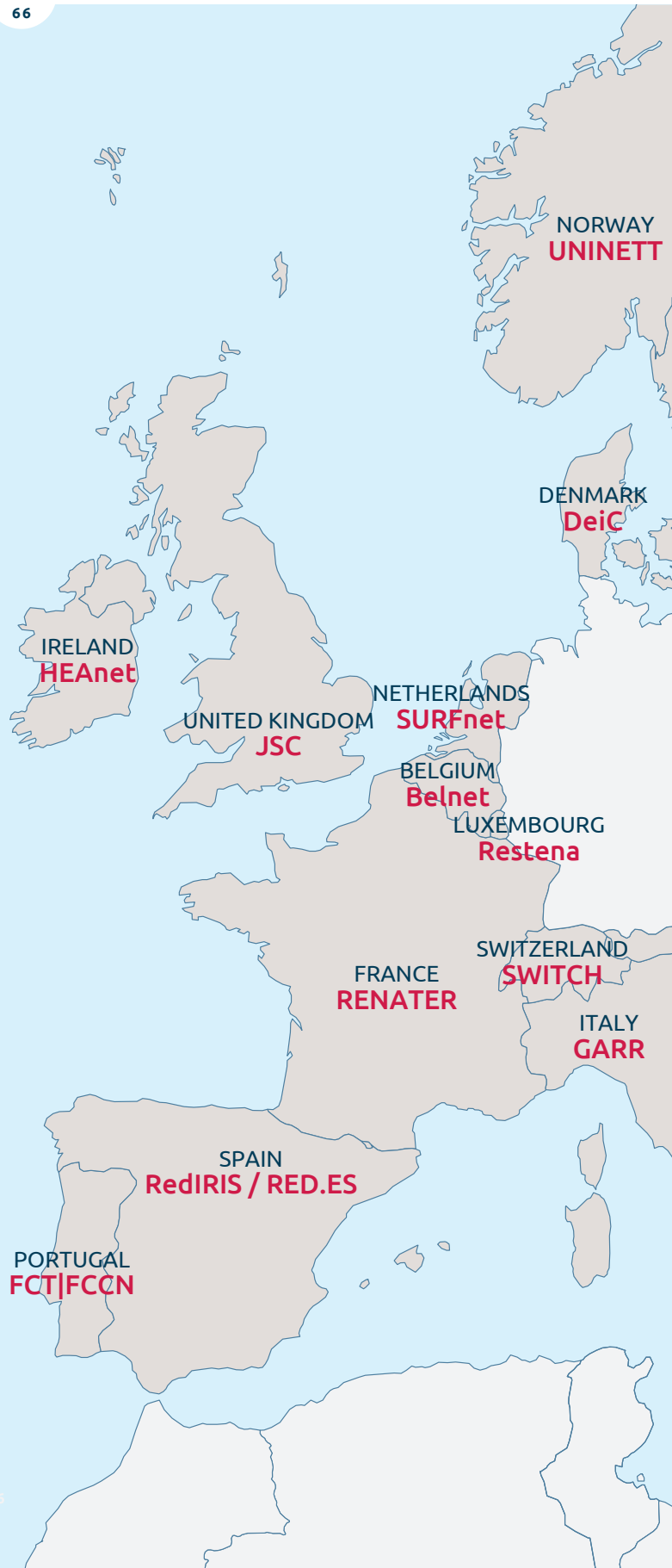
REPRESENTATIVE MEMBER

NORDUnet

- RHnet (Iceland)
- SUNET (Sweden)
- UNINETT (Norway)
- CSC (Finland)
- DeIC (Denmark)

ASSOCIATES

- ADVA Optical Networking
- Alcatel-Lucent
- Ciena Corporation
- CERN
- Cisco Systems
- Coriant GmbH
- ECI Telecom GmbH
- EMBL
- European Space Agency
- Google UK Ltd
- Level 3 Communications
- ownCloud
- Tata Communications





une connexion directe entre l'Europe et l'Amérique latine. À l'heure actuelle, tout le trafic entre les deux continents passe par les États-Unis, ce qui présente plusieurs inconvénients tels que des délais de transmission dans des domaines sensibles ou une dépendance à un tiers. Le nouveau câble devrait être en place au premier semestre 2021 et fournira un spectre évolutif pour la collaboration R&E³ afin de répondre aux besoins de partage de données à long terme des communautés de recherche et d'éducation européennes et latino-américaines.

Au nom de ses membres, GÉANT gère également des programmes pour l'UE dans d'autres régions du globe et collabore étroitement avec des partenaires régionaux et nationaux de mise en réseau dans le monde entier, contribuant à faire en sorte que l'Europe reste au cœur de la recherche et de l'éducation mondiales. Pour Erik Huizer, il est évident que cette approche proactive de la collaboration internationale se poursuivra, la pandémie de Covid-19 soulignant clairement le besoin croissant pour tous de collaborer, de s'appuyer sur les ressources de chacun et de relever ensemble les grands défis.

Une connectivité continue et améliorée aux NREN, tant en Europe qu'au-delà, est grandement bénéfique pour tous, y compris les petits NREN tels que la Fondation Restena, tout comme le sont les développements de sécurité et d'applications, qui restent parmi les priorités absolues de GÉANT. Cependant, pour survivre et continuer à contribuer à la recherche de façon optimale, Erik Huizer prévoit que le plus grand défi pour les NREN dans les prochaines années sera d'accorder une confiance suffisante à GÉANT et à ses NREN partenaires en vue de coopérer toujours plus étroitement sur des services paneuropéens, afin que les chercheurs puissent collaborer facilement en ayant recours aux mêmes outils et services fournis uniformément dans chaque pays. ●

On behalf of its members, GÉANT also runs EU programmes in other regions of the world, and collaborates extensively with regional and national networking partners across the world, helping to ensure that Europe remains at the heart of global research and education. For Erik Huizer, this proactive approach to international collaboration will continue, of course, with the COVID-19 pandemic clearly underscoring the increasing need for everyone to collaborate, build on each other's resources, and tackle the big challenges together.

Continued and enhanced connectivity to NRENs, both in and outside Europe, is highly beneficial to all, including small NRENs like Restena, as the same is also true for security and application developments, which remain among GÉANT's top priorities. In order for them to survive and continue to serve research in the best possible way, however, Erik Huizer expects the biggest challenge for NRENs over the upcoming years to be trusting GÉANT and their fellow NRENs enough that they can work ever more closely together on pan-European services. That will enable researchers to collaborate easily, using the same tools and services, delivered uniformly in every country. ●

³ R&E : Recherche et éducation

Ambition luxembourgeoise

FR • Depuis sa création et jusqu'à aujourd'hui, la Fondation Restena a consolidé sa présence sur le territoire national et connaît désormais une situation stable, continuant avant tout à mener à bien sa mission et à satisfaire les communautés et les ministères dont elle est sous tutelle. Une priorité évidente pour Gilles Massen, l'actuel directeur, qui mise avant tout sur la flexibilité de ses services pour répondre rapidement aux nouveaux besoins qui se profilent. Ce dernier ambitionne de continuer à développer les activités de la fondation et à la faire évoluer dans les années à venir, sans pour autant en élargir à tout prix les champs d'action. Exemple probant de ce qui a récemment été effectué en la matière : l'infrastructure réseau nationale pour la recherche et l'éducation gérée par la Fondation Restena qui dispose, depuis la fin de l'année 2019, d'un débit de connexion à 100 Gbit/s. Sept années après avoir atteint la capacité de 10 Gbit/s, la bande passante de la connexion est désormais 10 fois plus rapide. Avec une telle connectivité, de nouvelles possibilités s'ouvrent pour les secteurs de la recherche et de l'éducation au Luxembourg, notamment pour tous les acteurs amenés à traiter d'énormes quantités de données, dans des domaines aussi variés que le *High Performance Computing* (HPC), la biotechnologie ou bien encore le transfert d'images satellite.

Autre cheval de bataille de la fondation aujourd'hui, la sécurité, toujours plus importante à l'heure où, entre autres, l'utilisation des TIC à l'école devient courante et où le travail à distance, de plus en plus en vogue, se fait via des outils qui se doivent d'être très sécurisés. La certification ISO 27001, prévue pour 2021, vise justement la mise en place d'un système de management de la sécurité de l'information (SMSI). Son obtention revêt plusieurs avantages pour la Fondation Restena, dont une plus grande confiance envers ses services, une meilleure identification des risques et des mesures de contrôle plus efficaces.

Élément moteur pour parvenir à cela, la bonne gestion du service DNS-LU, qui comptabilise en 2020 pas moins de 100 000 noms de domaine en .lu enregistrés. De nouveaux services et fonctionnalités, parmi lesquels la possibilité pour les titulaires de mieux encadrer ce qui se fait sur leur nom de domaine ou l'ouverture de l'enregistrement des noms de domaine en 1 et 2 caractères, bloqués depuis l'an 2000 en partie suite à des problèmes de sécurité, devraient permettre de faire évoluer et d'asseoir la fiabilité de .lu. À l'heure actuelle, force est de constater

Ambitions for Luxembourg

EN • From its creation to the present day, the Restena Foundation has consolidated its presence within Luxembourg and is now enjoying stability. It is, above all, continuing to perform its duties, and to satisfy the communities it serves and the ministries to which it reports. That is a clear priority for Gilles Massen, the current director, who is seeking, above all, flexibility in its services, in order to respond quickly to any new requirements that may emerge. For all that, he is striving to keep expanding the Foundation's activities and develop it in the coming years, without expanding the scope of its operations in a completely unchecked way. One good example of what has been done in this area recently relates to the NREN infrastructure managed by the Restena Foundation, which has had a 100 Gbit/s connection since late 2019. Seven years after hitting a 10 Gbit/s capacity, the connection's bandwidth is now 10 times faster. That sort of connectivity opens up new possibilities for the research and education sectors in Luxembourg, not least for all those involved in them who have to process enormous quantities of data in fields as varied as high-performance computing, biotechnology and satellite imagery transfer.

Another main theme of the Foundation's current work is security, which is even more important when, among other reasons, ICT use is becoming widespread in schools and remote working, which is increasingly popular, is conducted using tools that need to be very secure. ISO standard 27001 relates to the establishment of an information security management system; ISO 27001 certification is planned for 2021. Bring granted that certification will provide the Restena Foundation with several benefits, the most significant of which are greater confidence in its services, better risk identification and more effective security controls.

A key element of achieving this is good management of the DNS-LU service, which counts no fewer than 100,000 registered .lu domain names in 2020. New services and functionalities – including greater control for owners over what is done to their domain names, and the opening-up of registration for one- or two-character domain names, banned since 2000, partly owing to security problems – should increase and further cement the reliability of .lu. At this point, it should be noted that the market for .lu domain names is fairly stable and has one of the highest renewal rates in Europe. For several years, the annual growth of .lu has oscillated between 3% and 4%, with no fewer than 89% of registered domain names being renewed.

GILLES MASSEN

« À l'heure où le travail et l'école à distance sont la norme, la sécurité et la protection des données sont au cœur de nos préoccupations actuelles et futures. Nous tenons à préserver la confiance de nos communautés envers nos services. »

"When remote working and school are the norm, data security and protection are central to our current and future concerns. It is important to us to maintain our communities' trust in our services."



que le marché des noms de domaine en .lu se révèle plutôt stable et connaît l'un des taux de renouvellement les plus élevés au niveau européen. Depuis quelques années, la croissance annuelle du .lu oscille entre 3 à 4 % et pas moins de 89 % des noms de domaine enregistrés sont renouvelés.

La fondation avance également chaque année davantage sur l'épineux dossier de la protection des données, cela en partenariat avec la Commission nationale pour la protection des données (CNPd). La Fondation Restena entend maîtriser les données qui transitent en son sein, les exposer le moins possible à des acteurs tiers et ainsi préserver la confiance et la confidentialité des communautés envers ses services.

La fondation finalise également la mise en activité du centre national de filtrage d'attaques volumétriques DDoS (*Distributed Denial of Service*), prévue pour 2020. Créé en étroite collaboration avec LU-CIX, nœud d'échange national de trafic Internet, ce centre sera au service du Haut-Commissariat à la protection nationale afin de pouvoir gérer des crises nationales déclenchées par des attaques par déni de service (attaques DDoS) majeures. Dans les années à venir, la Fondation Restena entend aussi continuer à gagner en visibilité sur le plan national et international, à suivre le développement du réseau GÉANT et à affirmer sa position auprès des politiques, en s'engageant également dans des projets de recherche interne, mais en restant, avant tout et surtout, au service des communautés de la recherche, de l'éducation et des ministères. ●

L'impact des attaques DDoS

Catégorie d'attaque informatique utilisée en partie à des fins d'extorsion, les attaques DDoS¹⁰ se servent de multiples sources, souvent des milliers de machines compromises, pour submerger un service et entraîner son dysfonctionnement. Leur effet varie de « fâcheux » à « catastrophique », selon le service mis à mal. Pour ce dernier, les moyens de défense, considérablement plus onéreux que l'exécution d'une attaque, se caractérisent par une forte asymétrie des coûts.

The impact of DDoS attacks

A class of cyberattack used partly for extortion purposes, DDoS¹⁰ attacks make use of multiple sources, often thousands of compromised machines, to overwhelm a service and cause it to fail. Their effect varies from "annoying" to "catastrophic", depending on the service being jeopardised. Defence mechanisms are considerably more burdensome for a service, to run than an attack is to carry out, are characterised by significant cost asymmetry.

¹⁰ DDoS : Attaque par déni de service - Distributed Denial of Service

Working in partnership with the National Commission for Data Protection (CNPd), the Foundation is also making progress every year on the thorny issue of data protection. Restena seeks to control the data transiting through its network, giving it the least possible exposure to third parties, so preserving confidentiality and communities' trust in its services.

The Foundation is also setting up the national centre for volumetric Distributed Denial of Service (DDoS) attacks, expected to be concluded in 2020. Created in close collaboration with LU-CIX, Luxembourg's internet exchange point, this centre will be at the service of the High Commission for National Protection, to enable it to manage national crises triggered by major DDoS attacks. In the coming years, Restena also intends to continue increasing its visibility at the national and international levels, to keep up with the development of the GÉANT network and to assert its position to politicians, while also engaging in domestic research projects, but while remaining, above all else, at the service of the research and education communities, and of the ministries. ●



La Maison du Savoir, dans le quartier de Belval à Esch-sur-Alzette, bâtiment où est implantée la Fondation Restena depuis 2015 // The 'Maison du Savoir', in the Belval district, Esch-sur-Alzette, the building where the Restena Foundation has been based since 2015

IMPRESSUM / IMPRESSUM

Éditeur / *Publisher*: Fondation Restena.
Décembre 2020 / *December 2020*.

Tous droits réservés / *All rights reserved*.

Auteurs / *Authors*: Fondation Restena, binsfeld & Neel Chrillesen.
Conception & réalisation / *Design & layout*: binsfeld & Fondation Restena.
Crédits images / *Photo credits*: Fondation Restena, binsfeld, Istock & Photo Dudau.
Traduction / *Translation*: David Swain.
Imprimé sur / *Printed on* Munken Polar - FSC.

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage a été réalisé à l'occasion des 20 ans de la Fondation Restena. Avec lui, Restena entend remercier plus particulièrement :

- sa première direction : Antoine Barthel (2000-2017) et Théo Duhautpas (2000-2015) ;
- son premier Conseil d'administration (2000) : Georges Alff, Antoine Barthel, Pierre Decker, Théo Duhautpas, Jean-Marie Haensel, Robert Kanz, Guy Koenig, Fernand Reinig, Gaston Schaber, Prosper Schroeder, Norbert von Kunitzki et Claude Wehenkel ;
- ses premiers collaborateurs (2000) : Laurence Battani, Alain Frieden, Ondina Lippert-Gonçalves, Gilles Massen, Marc Stiefer, Florence Thinus-Remery – toujours actifs chez Restena en 2020 – ainsi que Marc Hensel et Yves Schaaf.

ACKNOWLEDGEMENTS

This publication has been produced to mark the Restena Foundation's 20th anniversary. It is intended to express Restena's gratitude to:

- *The first directors: Antoine Barthel (2000-2017) and Théo Duhautpas (2000-2015)*
- *The first Board of Directors (2000): Georges Alff, Antoine Barthel, Pierre Decker, Théo Duhautpas, Jean-Marie Haensel, Robert Kanz, Guy Koenig, Fernand Reinig, Gaston Schaber, Prosper Schroeder, Norbert von Kunitzki and Claude Wehenkel*
- *The first employees (2000): Laurence Battani, Alain Frieden, Ondina Lippert-Gonçalves, Gilles Massen, Marc Stiefer and Florence Thinus-Remery – all of whom still work at Restena in 2020 – along with Marc Hensel and Yves Schaaf*