

**Institut Universitaire de Technologie,
Aix-Marseille Université**

**RAPPORT DE STAGE
Diplôme Universitaire de Technologie
Spécialité Réseaux et Télécommunications**

Mise en place d'un système REDCap pour la
gestion des données cliniques

Bigue NDAW

**Institut de Neurosciences de la Timone
(INT)**

Responsable entreprise : David Meunier

Responsable académique : Djamal Merad

2019

Table des matières

Introduction	1
1 L'Institut de Neurosciences de la Timone	2
1.1 Généralités	2
1.2 Le NIT.....	3
2 Contexte du stage.....	3
2.1 Objectif du stage.....	3
2.2 REDCap.....	4
3 Travail Réalisé	5
3.1 Installation de la plateforme	5
3.2 Aide Utilisateurs	9
3.3 Intégration des données existantes.....	13
3.4 Projet Métadonnées de Recherche.....	16
Conclusion.....	17
Remerciements	19
Lexique.....	21
Glossaire.....	23
Bibliographie	25

Tables des illustrations

Figure 1 : Organigramme de l'INT, Institut de Neurosciences de la Timone (2018).....	2
Figure 2 : Organigramme du NIT, Neuroinformatics and Information Technology	3
Figure 3: Architecture des bases de données	4
Figure 4 : Machine Virtuelle abritant le REDCap de test	5
Figure 5 : Exception liée aux certificats non valides	6
Figure 6 : Instructions pour l'installation de REDCap 1.....	7
Figure 7 : Instructions pour l'installation de REDCap 2.....	7
Figure 8 : Vérification de base pour l'installation de REDCap	8
Figure 9 : Vérification secondaire pour l'installation de REDCap	8
Figure 10 : Configuration d'un projet test sur REDCap	10
Figure 11 : Exemple d'un champ id d'enregistrement.....	11
Figure 12 : DataDictionary.....	12
Figure 13 : DataTemplate.....	12
Figure 14 : Centre de contrôle d'un administrateur de REDCap	13
Figure 15 : Schéma résumant l'intégration de données existantes dans REDCap.....	14
Figure 16 : Réponse de REDCap à l'intégration de mauvaises données	15
Figure 17 : Architecture du projet Métadonnées.....	16

Introduction

Dans le cadre de mon Diplôme universitaire de Technologie (DUT) Réseaux et Télécommunications à l'IUT (Institut universitaire de Technologie) d'Aix Marseille, j'ai effectué mon stage de 10 semaines dans le service Informatique de l'institut de Neurosciences de la Timone (INT).

J'ai choisi ce stage afin de me rendre compte de l'impact de l'informatique dans les autres domaines tels que la neuroscience ou la biologie et de comment on pouvait l'utiliser afin de solutionner les problèmes pratiques de ces domaines-là.

C'est dans cette optique que j'ai été recrutée afin de participer à la résolution d'une problématique réelle de l'INT qui est l'organisation et la gestion des données, générées par ses plateformes de recherche.

Après une présentation de l'entreprise, j'aborderai d'abord les besoins de l'INT dans la gestion de ses données puis les différents systèmes mis en place pour leurs résolutions et enfin j'expliciterais les différentes tâches que j'ai eu à réaliser au cours du stage.

1 L'Institut de Neurosciences de la Timone

1.1 Généralités

L'Institut de Neurosciences de la Timone est une unité mixte de recherche dont l'objectif principal est le développement des recherches interdisciplinaires en neurosciences. L'institut œuvre pour augmenter le niveau dans les recherches fondamentales mais aussi pour réduire voire même éliminer les barrières entre les approches fondamentales et cliniques. Très impliqué dans la formation, l'INT a aussi pour objectif de fournir une formation doctorale aux jeunes scientifiques et cliniciens interdisciplinaires.

Situé sur le campus de la Faculté de Médecine, d'Odontologie et de Pharmacie de la Timone, l'INT est sous la tutelle d'Aix Marseille Université (AMU) et du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) grâce à son grade de laboratoire de recherche. L'INT est composée d'environ 200 professionnels parmi lesquels des chercheurs répartis dans différentes équipes de recherche mais aussi un personnel technique qui soutient ces équipes au niveau des sept plateformes technologiques (**Figure 1**).

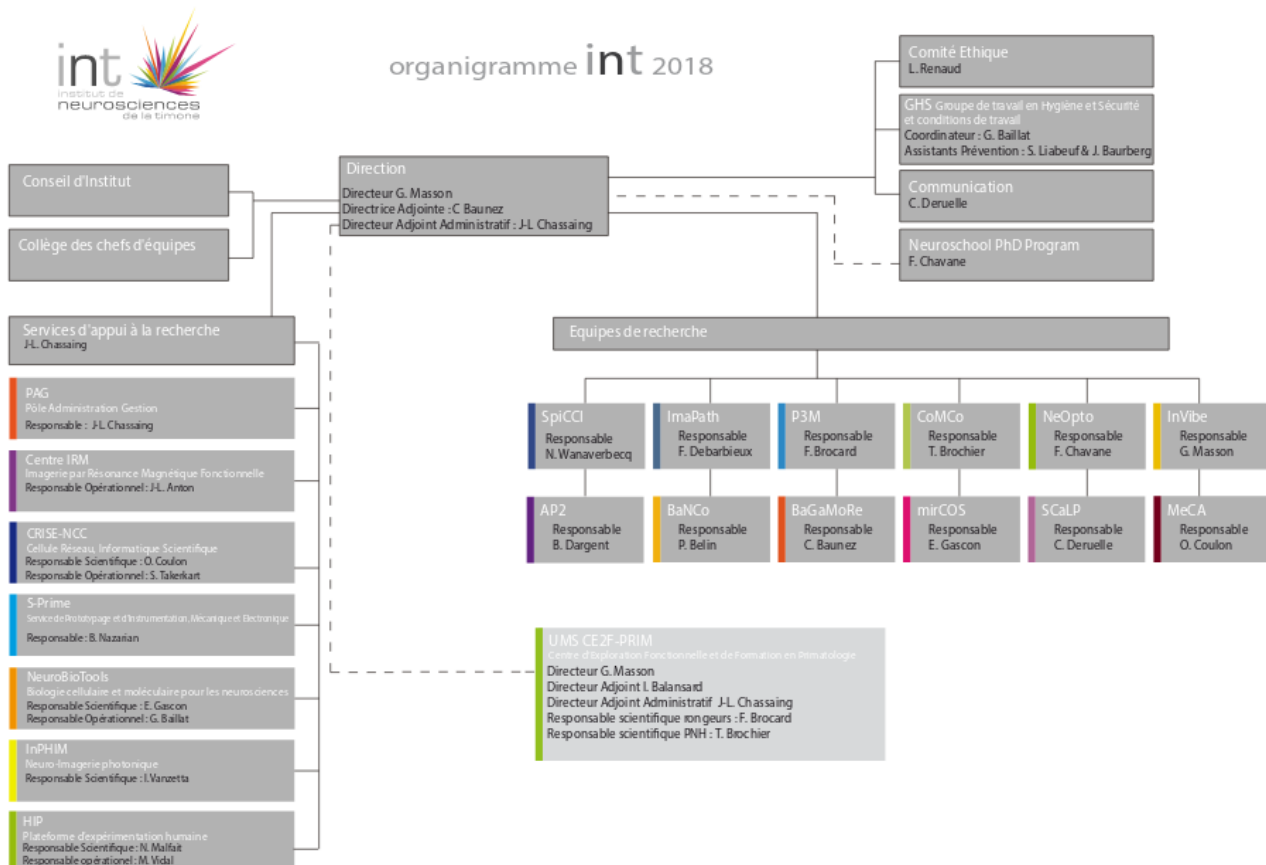


Figure 1 : Organigramme de l'INT, Institut de Neurosciences de la Timone (2018)

Pour favoriser les interactions entre ces équipes de recherches et les équipements scientifiques, l'INT dispose d'un bâtiment entier de 4500 m² avec une architecture particulière.

1.2 Le NIT

Mon stage s'est déroulé au sein de la plateforme NIT, Neuroinformatics and Information Technology, anciennement appelée la CRISE (Cellule Réseau, Informatique Scientifique). Le NIT est la plateforme de l'INT dédiée à l'informatique. Il est composé de deux cellules (**Figure 2**) :

- Une cellule **Donnée et Calcul Scientifique** qui assure un support aux projets de recherche de l'INT dans le domaine de l'organisation et du traitement des données. Elle garantit la bonne gestion des données de leur acquisition en passant par le stockage jusqu'au traitement.
- Une cellule **Infrastructure Système, Réseau et Calcul Haute Performance** qui assure la gestion et l'exploitation de l'ensemble des moyens informatiques du laboratoire et garantit les performances et la disponibilité du système d'information et la sécurité de l'infrastructure. Elle est aussi chargée de gérer le parc d'ordinateurs de bureaux des membres de l'INT ainsi que les serveurs pilotant les postes expérimentaux. Elle met à disposition de la communauté le **Centre de Calcul*** pour les Neurosciences.

Comme toutes les plateformes de l'INT, le NIT a une double direction avec un responsable technique et un responsable scientifique.

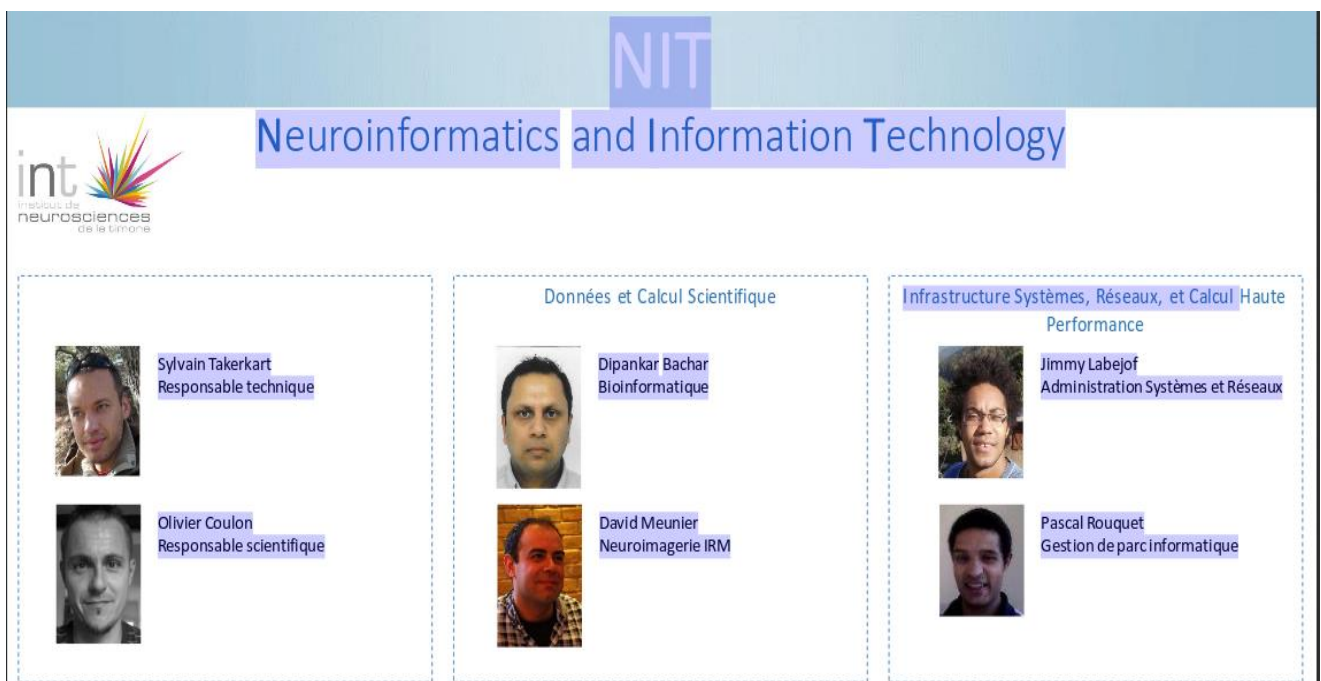


Figure 2 : Organigramme du NIT, Neuroinformatics and Information Technology

2 Contexte du stage

2.1 Objectif du stage

Les chercheurs de l'INT disposent à ce jour de données issues de différentes recherches qui n'ont pas été organisées. Par exemple, les scientifiques utilisant la plateforme HIP, Human Investigation Platform produisent des données récupérées à partir de formulaires. Cependant, ils ne disposent d'aucun système de stockage centralisé qui pourrait éventuellement leur faciliter leurs recherches. C'est dans cette logique que l'INT a prévu une campagne de numérisation de ses ressources. Le personnel technique du NIT a étudié plusieurs systèmes afin de stocker et de favoriser l'exploitation de ces données.

Par conséquent après la collecte des données de Neuro-imageries avec le système XNAT et de bio-informatiques avec le système TransMart, il a été décidé d'utiliser le système REDCap pour tout ce qui est données cliniques ou démographiques. De plus, le NIT travaille dans le cadre de ce projet sur la mise en place d'une solution d'interopérabilité entre ces différentes bases de données (**Figure 3**). Diverses possibilités ont été étudiées mais la plus optimale semblait être la suite ELK (ElasticSearch, Logstash, Kibana). En fait, il s'agit de logiciels développés par l'entreprise Elastic NV pour l'intégration de données de différentes sources dans une base de données nommée ElasticSearch. En effet, ce système mis en place par un autre stagiaire Mr Pape Mademba Dieye permet de faire la corrélation entre des données issues de différentes bases.

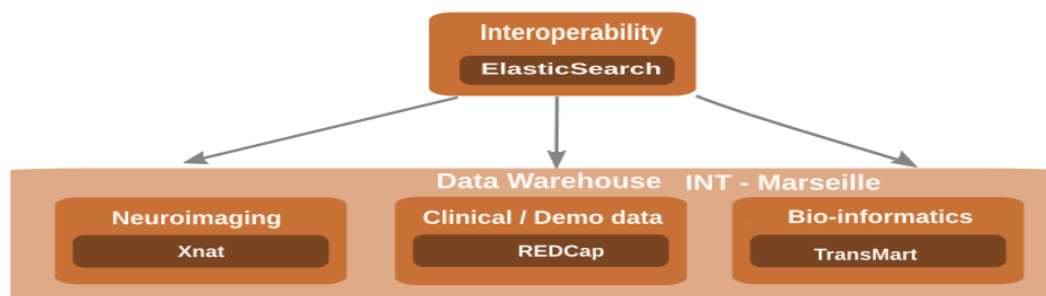


Figure 3: Architecture des bases de données

Ainsi mon rôle a consisté à mettre en place le nouveau système REDCap, de déterminer les différents besoins des utilisateurs, de trouver des solutions grâce à ses fonctionnalités et de contribuer à l'utilisation de cette technologie.

2.2 REDCap

Research Electronic Data Capture (**REDCap**) est une plateforme web sécurisée d'acquisition de données électroniques reposant sur des **métadonnées***. Elle permet de concevoir des bases de données de recherche clinique et translationnelle.

Très utilisé dans le milieu de la recherche clinique, REDCap a été développé par une équipe de neuro-informatique de l'université Vanderbilt au Tennessee (Etats-Unis) avec l'appui de subventions du National Center for Research Ressources (NCRR) et du National Institute of Health (NIH).

REDCap est conçue pour résoudre les problèmes communs des chercheurs biomédicaux universitaires souhaitant utiliser des bases de données électroniques en leur facilitant le soutien informatique et en favorisant la collaboration entre les chercheurs qui le partagent.

Bien qu'elle soit gratuite pour les instituts partenaires, REDCap n'est pas un logiciel « **open source** »* et ne peut par conséquent être utilisé à des fins commerciales et est également limité en matière de redistribution

En effet, Vanderbilt détient tous les fonctionnalités de programmation ajoutées par les administrateurs. Toutefois ils sont recensés dans la bibliothèque du **Consortium*** Redcap qui reste disponible pour tous les membres du consortium.

REDCap peut fonctionner sur différents systèmes d'exploitation (Linux, Windows, Mac...) mais nécessite certaines exigences en matière d'infrastructures.

En effet REDCap repose sur une architecture multiserveur avec des serveurs de base comme : un serveur Mysql (actuellement MariaDb) pour la base de données ; un serveur **Apache** avec du **PHP*** (Hypertext Preprocessor) pour l'interface Web, une espace pour la gestion de fichiers, un serveur SMTP (Simple Mail Transfert Protocol) ou **un relai*** pour les mails.

3 Travail Réalisé

3.1 Installation de la plateforme

Avant l'installation de la plateforme finale de REDCap, il était nécessaire de commencer par un logiciel de test afin d'étudier les différentes fonctionnalités du système qui m'était alors inconnu.

Tout d'abord, Nous avons essayé d'installer REDCap à partir d'un **docker*** qui est un système de container qui permet de lancer des applications. Il est plus léger qu'une machine virtuelle.

Cependant à cause de problèmes de compatibilité avec docker-compose, une sous-composante de docker et le REDCap fourni l'installation n'a pas abouti.

Afin de contourner le problème, nous avons décidé d'abandonner la technologie docker et d'installer une machine virtuelle (VM) directement sur la machine physique qui m'a été alloué (**Debian9**) avec le logiciel **Virtual Box**.

Nous avons donc créé une VM avec comme système d'exploitation un debian 9 (**Figure 4**) et nous y avons installé tous les serveurs de base nécessaire à REDCap (Mariadb, Apache, PHP) puis nous avons copié le fichier **zippé*** contenant les fichiers de REDCap récupérés depuis le forum réservé aux membres du consortium.

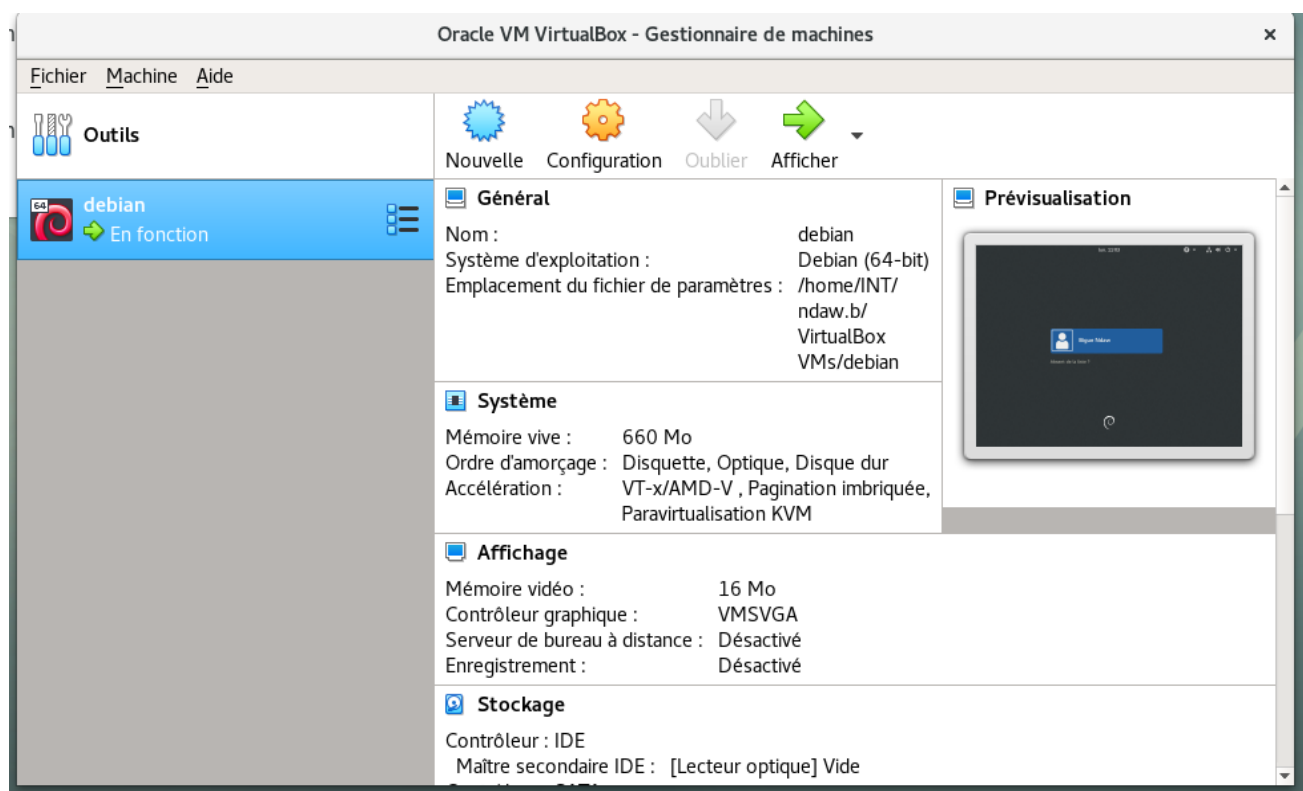


Figure 4 : Machine Virtuelle abritant le REDCap de test

Cette solution, même si elle n'a pas été adoptée finalement à cause de lenteur des processus dû à la faiblesse de la mémoire de ma machine physique, a permis d'avoir une première

ébauche du document d'installation et des problèmes que nous pouvions rencontrer. Par exemple, nous avons détecté la nécessité d'un serveur SMTP pour tout ce qui touche à l'envoi de mails indispensable à REDCap. Nous avons également pu mettre à jour des problèmes liés à la sécurité comme l'activation de la connexion en https (HyperText Transfer Protocol Secure) sans certificats valides (**Figure 5**).

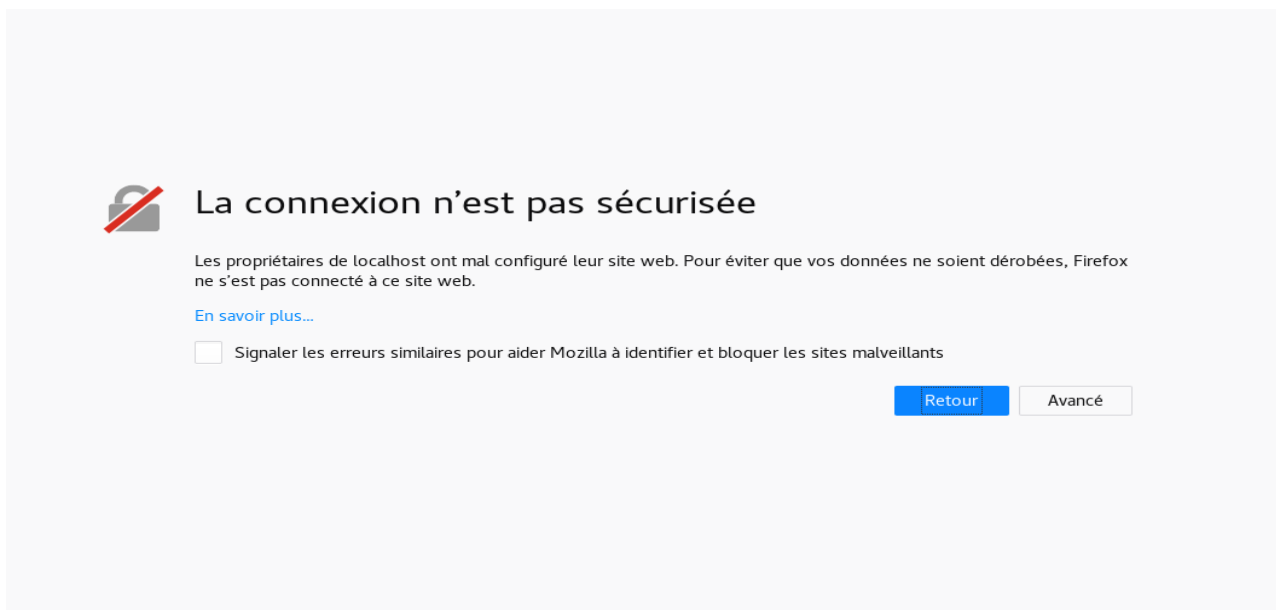


Figure 5 : Exception liée aux certificats non valides

De plus, nous avons pu trouver des traductions au niveau du forum pour que la plateforme soit accessible en Français même si étant une traduction réalisée par des utilisateurs, elle n'est pas tout à fait complète mais largement suffisante. Il s'agit d'un fichier zippé qu'on a récupéré au niveau du forum et décompressé au niveau du répertoire de langue dans le dossier de REDCap.

Par la suite, nous avons décidé d'adopter la solution qui va être utilisé pour le REDCap final, c'est à dire de créer une VM au niveau du **cluster de virtualisation*** de l'INT : PROXMOX.

Ainsi accompagné de l'administrateur système et réseaux, nous avons fait l'installation de la machine de test.

L'installation se déroule principalement en deux grandes étapes :

- **Installation de base**

Au cours de cette étape, on installe les serveurs de base essentiels à REDCap et on déplace le dossier d'installation contenant tous les fichiers de REDCap au niveau du répertoire /var/www/html pour qu'ils soient accessible sur le web.

Ensuite on se connecte sur la page web et on suit les instructions de la page install.php (**Figure 6 et 7**).

REDCap 8.10.10 Installation Module

This page will guide you through the process of installing REDCap version 8.10.10 on your system. At this point, you must have a MySQL or MariaDB database server running in order to continue with the installation process. To complete the installation, you will need to use a MySQL client (e.g., phpMyAdmin, MySQL Command-Line Tool, MySQL Workbench) to interface with the MySQL server. Note: REDCap is compatible with MariaDB as an alternative to MySQL.

STEP 1: Create a MySQL database/schema and user (using a MySQL client)

Using a MySQL client of your choice, you will first need to create a MySQL database (i.e., schema) in which to place the REDCap tables. You will also need to create a corresponding MySQL user for REDCap to use to access the MySQL database. Below are examples of the queries you might run to create the database and user (if you wish, you may choose your own name for the database or user).

```
-- Example for creating the MySQL database
CREATE DATABASE IF NOT EXISTS `redcap`;

-- Example for creating the MySQL user (replace the user and password with your own values)
CREATE USER 'redcap_user'@'%' IDENTIFIED WITH mysql_native_password BY 'password_for_redcap_user';
GRANT SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE ON `redcap`.* TO 'redcap_user'@'%';
```

If using a MySQL client with a GUI, you may alternatively use its built-in methods for creating a database and user rather than executing the queries above. Note: For security reasons, it is recommended that REDCap's MySQL user only be given SELECT, INSERT, UPDATE, and DELETE privileges for the database.

STEP 2: Add MySQL connection values to 'database.php'

You now need to set up the database connection file that will allow REDCap to connect to the MySQL database you just created. This database connection file will store the hostname, username, password, and database/schema name for that MySQL database. Find the file 'database.php' (which sits under your main REDCap directory of your web server) and open it for editing in a text editor of your choice. Add your MySQL database connection values (hostname, database name, username, password) to that file by replacing the placeholder values in single quotes. Also, while still in the 'database.php' file, add a random value of your choosing for the \$salt variable at the bottom of the page, preferably an alpha-numeric string with 8 characters or more. (This value will be used for de-identification hashing in the Data Export module. Do NOT change the \$salt value once it has been set initially.) If you have not yet performed this step, you will likely see an error below. Once you have added the values to 'database.php', reload this page to test

Figure 6 : Instructions pour l'installation de REDCap 1

STEP 2: Add MySQL connection values to 'database.php'

You now need to set up the database connection file that will allow REDCap to connect to the MySQL database you just created. This database connection file will store the hostname, username, password, and database/schema name for that MySQL database. Find the file 'database.php' (which sits under your main REDCap directory of your web server) and open it for editing in a text editor of your choice. Add your MySQL database connection values (hostname, database name, username, password) to that file by replacing the placeholder values in single quotes. Also, while still in the 'database.php' file, add a random value of your choosing for the \$salt variable at the bottom of the page, preferably an alpha-numeric string with 8 characters or more. (This value will be used for de-identification hashing in the Data Export module. Do NOT change the \$salt value once it has been set initially.) If you have not yet performed this step, you will likely see an error below. Once you have added the values to 'database.php', reload this page to test it.

Now attempting connection to database server...
Connection to the MySQL database 'redcap' was successful!

STEP 3: Customize values for your server and institution

Set the values below for your site's initial configuration. You will be able to change these after this installation process in REDCap's Control Center. REDCap's user authentication will be initially set as "None (Public)", but proper authentication can later be enabled on the Control Center's Security & Authentication page once you have gotten REDCap fully up and running. When you have set all the values, click the SUBMIT button at the bottom of the page.

NOTE: All the settings below can be easily modified, if needed, after you have completed the installation process.

Figure 7 : Instructions pour l'installation de REDCap 2

- Correction des erreurs

Après l'installation de base, REDCap fait une vérification et affiche la liste des erreurs essentielles à corriger avant le démarrage (**Figure 8 et 9**). Afin de corriger ces erreurs nous avons procédé à différentes modifications notamment l'ajout d'un relai SMTP Postfix afin que les messages de REDCap convergent vers le serveur SMTP de l'AMU. Entre autres, nous

avons géré l'ensemble de l'aspect sécurité avec l'activation du SSL (Secure Socket Layer) pour que le site ne soit disponible qu'en **https*** avec des certificats propres à l'INT. Nous avons aussi modifié les droits des différents dossiers et fichiers de REDCap pour éviter les différentes failles de sécurité.

✓ Vérification de la configuration

This page will test your current REDCap configuration to determine if any errors exist that might prevent it from functioning properly.

Basic tests

<p>TEST 1: Establish basic REDCap file structure Search for necessary files and folders that should be located in the main REDCap folder (i.e. "/var/www/html/redcap").</p> <p>✓ SUCCESSFUL! - All necessary files and folders were found.</p>
<p>TEST 2: Connect to the table named "redcap_config"</p> <p>✓ SUCCESSFUL! - The table "redcap_config" in the MySQL database named redcap was accessed successfully.</p>
<p>TEST 3: Check REDCap database table structure</p> <p>✓ SUCCESSFUL! - Your REDCap database structure is correct!</p>
<p>TEST 4: Check if PHP cURL extension is installed</p> <p>✓ SUCCESSFUL! - The cURL extension is installed.</p>
<p>TEST 5: Checking communication with REDCap Consortium server (https://redcap.vanderbilt.edu/consortium/) (used to report weekly site stats and connect to Shared Library)</p> <p>✓ SUCCESSFUL! - Communicated successfully with the REDCap Consortium server. You WILL be able to use the "automatic reporting" method to report your site stats, as well as use the REDCap Shared Library.</p>
<p>TEST 6: Check if REDCap Cron Job is running</p> <p>✓ SUCCESSFUL! - REDCap Cron Job is running properly.</p>

Figure 8 : Vérification de base pour l'installation de REDCap

Secondary tests

<p>⚠ NOT using SSL - CRITICAL: It is HIGHLY recommended that you use SSL (i.e. https) on your web server when hosting REDCap. Otherwise, data security could be compromised. If your server does not already have an SSL certificate, you will need to obtain one.</p>
<p>✓ Using PHP 5.4.0 or higher</p>
<p>✓ Using MariaDB 10 or higher</p>
<p>⚠ GD Library (version 2 or higher) is not installed - RECOMMENDED: It is recommended that you install the GD2 Library in PHP on your web server. Some features in REDCap will not be available without GD2 installed, such as the ability for users to generate QR codes for survey links.</p>
<p>✓ PHP Fileinfo extension is installed</p>
<p>⚠ REDCap is not able to send emails - CRITICAL: It appears that your SMTP configuration (email-sending functionality) is either not set up or not configured correctly on the web server. It is HIGHLY recommended that you configure your email/SMTP server correctly in your web server's PHP.INI configuration file or else emails will not be able to be sent out from REDCap. REDCap requires email-sending capabilities for many vital application functions. For more details on configuring email-sending capabilities on your web server, visit PHP's mail configuration page.</p>
<p>⚠ 'max_input_vars' could be larger - RECOMMENDED: It is highly recommended that you change your value for 'max_input_vars' in your PHP.INI configuration file to a value of 10000 or higher. If not increased, then REDCap might not be able to successfully save data when entered on a very long survey or data entry form. You can modify this setting in your server's PHP.INI configuration file. If 'max_input_vars' is not found in your PHP.INI file, you should add it as <code>max_input_vars = 10000</code>. Once done, restart your web server for the changes to take effect.</p>
<p>⚠ 'upload_max_filesize' and 'post_max_size' are too small: It is HIGHLY recommended that you change your value for both 'upload_max_filesize' and 'post_max_size' in PHP to a higher value, preferably greater than 10MB (e.g., 32M). You can modify this in your server's PHP.INI configuration file, then restart your web server. At such small values, your users will likely have issues uploading files if you do not increase these.</p>
<p>✓ The REDCap web server's temp directory is writable Location: /tmp</p>
<p>⚠ "temp" directory is NOT writable - CRITICAL: It is HIGHLY recommended that you modify the REDCap "temp" folder (located at /var/www/html/redcap/temp/) so that it is writable for all server users. Some functionality within REDCap will not be functional until this folder is writable.</p>
<p>⚠ File upload directory is NOT writable - CRITICAL: It is HIGHLY recommended that you modify the REDCap "edocs" folder (located at /var/www/html/redcap/edocs/) so that it is writable for all server users. Some functionality within REDCap will not be functional until this folder is writable.</p>
<p>⚠ Directory that stores user-uploaded documents is exposed to the web: It is HIGHLY recommended that you change your location where user-uploaded files are stored. Currently, they are being stored in REDCap's "edocs" directory, which is the default location and is completely accessible to the web. Although it is extremely unlikely that anyone could successfully retrieve a file from that location on the server via the web, it is still a potential security risk, especially if the documents contain sensitive information.</p>

Figure 9 : Vérification secondaire pour l'installation de REDCap

Toutes ces manipulations que nous avons faites ont été résumées dans un document d'installation (**Annexe I.1**) avec les différentes étapes ainsi que les différents fichiers à modifier.

Cette documentation a permis de faire deux scripts en **bash*** (**Annexe I.2 et I.3**) dans le but d'automatiser au maximum l'installation pour faciliter celle du REDCap final.

Lorsque toutes les erreurs sont corrigées, l'installation continue avec le remplissage des informations de l'administrateur, le choix du système de connexion (Base interne, **LDAP***, LDAP + base interne, authentification simple, à double facteurs...).

L'installation enfin terminée, le système REDCap de test est prêt pour la deuxième partie de ma mission à savoir l'étude des fonctionnalités et les phases de test.

3.2 Aide Utilisateurs

REDCap étant un système nouveau pour moi et l'INT en général, Nous avons tout d'abord procédé à une phase d'étude pour comprendre les différentes fonctionnalités et options possibles afin de pouvoir les présenter aux chercheurs avant de procéder à des études de cas.

Dans ce sens, j'ai d'une part testé le système en tant qu'utilisateur en créant un compte utilisateur basique.

Différents types de projets sont disponibles avec les divers fonctionnalités et options du système. Toutefois, il existe des étapes et des notions de base nécessaires à la compréhension de REDCap.

De ce fait pour la création de projet, après une première étape où l'initiateur fournit les informations liées au projet (nom, but, description...), vient une deuxième étape de configuration du projet (**Figure 10**). Pendant cette étape, les fonctionnalités du projet sont définies s'il y a des enquêtes, si les formulaires doivent se répéter à des dates fixes ou encore déterminer les utilisateurs qui ont des droits sur le projet entre autres.

Accueil Projet | Configuration | Autres fonctionnalités | Liste des modifications du Projet | Modifier

État du projet: Développement Étapes terminées 0 de 7

Principaux paramètres du projet

Non démarré

Utiliser des enquêtes dans ce projet ? [?](#) VIDÉO: Les enquêtes

Utiliser la collecte de données longitudinale avec événements définis ? [?](#)

Concevoir vos formulaires

Non démarré

Ajouter ou modifier des champs dans vos formulaires. Vous pouvez le faire en utilisant le Concepteur en Ligne (méthode en ligne) ou/et en téléchargeant un dictionnaire de données (méthode hors ligne). Liens rapides: [Télécharger tous les formulaires en PDF](#) OU [Télécharger le Dictionnaire de données](#)

Aller à ou

Explore the

Avez-vous vérifié la page [Données identifiantes](#) pour vous assurer que tous les champs identifiants ont été marqués ?

Learn how to use

Activer les modules optionnels et les personnalisations

En option

Formulaires répétables ? [?](#)

Numérotation automatique des enregistrements ? [?](#)

Module de planification (longitudinal uniquement) ? [?](#)

Module de randomisation ? [?](#)

Désigner un champ 'email' à utiliser pour inviter les participants à l'enquête ? [?](#)

Personnalisations supplémentaires

Paramètres affichés aux administrateurs uniquement :

Services de SMS et d'appels téléphoniques Twilio appliqués aux enquêtes ? [?](#)

Configurer les signets du projet (optionnel)

En option

Vous pouvez créer des signets personnalisés pour les pages web existant dans ou hors de REDCap. Ces signets seront considérés comme des liens dans le menu projet de gauche et peuvent être consultés à tout moment par les utilisateurs qui reçoivent des privilèges pour le faire. Chaque signet de projet a des paramètres personnalisés qui permettent de contrôler l'apparence et le comportement.

Aller à

Droits des utilisateurs et autorisations

En option

Vous pouvez accorder à d'autres utilisateurs le droit d'accéder à ce projet ou modifier les privilèges des utilisateurs actuels via la page des Droits des utilisateurs. En plus, si vous souhaitez limiter l'accès de certains utilisateurs à un sous-ensemble des enregistrements de ce projet, vous pouvez employer des groupes d'accès aux données. Un groupe d'accès aux données est un ensemble d'utilisateurs qui ne peuvent afficher que les enregistrements qu'ils ont eux-mêmes saisi.

Aller à ou

Figure 10 : Configuration d'un projet test sur REDCap

A la suite de cette phase de sélection des caractéristiques du projet, vient la phase de création des formulaires à l'occurrence les différents questions et tests sur lesquels repose l'étude.

Pour mettre en place ses formulaires, nous avons trois options :

- **Concepteur en ligne** : L'initiateur du projet crée les formulaires et ses champs directement en ligne.
- **DataDictionary** : Un fichier **csv*** avec toutes les informations relatives aux champs des formulaires à remplir et à importer dans REDCap.
- **Appel de formulaires** : Il existe une possibilité d'importer les formulaires depuis d'autres utilisateurs, ou d'autres projets ou encore des bibliothèques de données créés grâce à REDCap mais ces formulaires n'étant pas en français, leur utilisation est compliquée. En effet, il faut les traduire et les faire valider par des commissions.

Quel que soit la source du formulaire, les notions de type de champs et de nom de variable sont importantes. En effet, le type de champ permet de définir les possibilités du formulaire. Il va du champ texte au champ calcul passant par des champs d'intégration de fichiers, de cases à cocher (checkbox, radio) ...

Le nom de variable est quant à lui essentiel. En effet, il permet de pouvoir reconnaître le

contenu du champ et de l'utiliser ultérieurement. Ainsi, il est unique par champs dans un projet.

A tout ceci s'ajoute un champ obligatoire dans un projet, le champ id d'enregistrement (**Figure 11**). Il s'agit du premier champ d'un projet et il permet de reconnaître les participants aux projets c'est dire les sujets qui remplissent les formulaires du projet.

Ainsi ce champ dont l'étiquette de champ et le nom de variable sont modifiables permet de distinguer les différents participants aux projets dénommés enregistrements dans le jargon de REDCap. Il est de surcroit non supprimable.

Modifier le champ

Pour ajouter un nouveau champ à ce formulaire, remplissez les champs ci-dessous et en cliquez sur le bouton 'Enregistrer' en bas. Quand vous ajoutez un nouveau champ, il sera automatiquement ajouté au formulaire. Pour un aperçu des différents types de champ disponibles, consulter la [vidéo sur les types de champ \(5 min\)](#).

Type de champ:

Étiquette de champ

Numéro de badge

Nom de variable (utilized in logic, calcs, and exports)

record_id

SEULEMENT des lettres, des nombres, et des traits de soulignement

Activer nommage automatique de la variable en fonction de son étiquette?

How to use [Smart Variables](#) [Fonction Piping](#)

Validation ? (optionnel)

Integer

Minimum:

Maximum:

Identifiante ? Non Oui

Le champ contient-il des données identifiantes (par ex. prénom, nom, adresse)?

Note de champ (optionnel)

unique à chaque chercheur

Petit rappel textuel affiché sous le champ

Figure 11 : Exemple d'un champ id d'enregistrement

Par la suite, à travers des réunions avec des chercheurs, j'ai présenté le système et les fonctionnalités découvertes, répondu à leurs questions et recueilli les différents problèmes qu'ils pourraient rencontrer afin de voir comment les résoudre.

Par exemple, un problème qui est revenu souvent lors des discussions est le suivant : « Comment intégrer les données ou créer des formulaires si on se trouve dans un environnement où on ne peut pas accéder à REDCap ? ».

Pour répondre à cette problématique, Nous avons exposé une fonctionnalité de REDCap qui pourrait la solutionner ou au moins en partie. En effet REDCap dispose de fichiers d'importations qu'on peut télécharger, remplir et réimporter après. Il s'agit essentiellement du **Datadictionary (Figure 12)** pour tout ce qui est formulaire et du **DataTemplate (Figure 13)** pour les enregistrements.

tes_long

Accueil Projet Configuration Concepteur en Ligne Dictionnaire de données

VIDÉO: Comment utiliser cette page

Cette fonction vous permettra de créer de nouveaux formulaires de collecte de données/questionnaires ou de modifier ceux qui existent déjà. Les modifications peuvent être faites en utilisant le **Concepteur en Ligne** ou le **Chargement de Dictionnaire des Données** (voir les onglets ci-dessus), dans lesquels vous pourrez utiliser l'une des méthodes ou les deux. Le Concepteur en Ligne pourrait vous aider à créer rapidement les premiers champs/formulaires ou à faire rapidement des modifications, mais l'utilisation du fichier du Dictionnaire des Données peut être plus utile si vous ajoutez un grand nombre de champs pour ce projet.

Ce module peut être utilisé pour les modifications du projet, des modifications comme l'ajout de nouveaux champs ou la modification de champs existants, en utilisant une méthode déconnectée appelée le Dictionnaire de données. Le Dictionnaire de données est un fichier CSV (séparé pas des virgules) spécialement formaté dans lequel vous pouvez construire vos champs de projet et ensuite le charger ici pour sauvegarder les modifications à votre projet.

Cliquez sur le bouton 'Naviguer' ou 'Choisissez un fichier' ci-dessous pour sélectionner le fichier sur votre ordinateur, et cliquez sur le bouton 'Upload File' pour le télécharger. Une fois votre fichier chargé, les modifications NE seront PAS immédiatement faites mais seront affichées et examinées pour des erreurs et pour s'assurer que tout le formatage dans votre Dictionnaire des Données est correcte avant que les modifications officielles ne soient faites au projet. **Remarque sur les instantanés :** Un 'instantané du dictionnaire de données' de votre projet est automatiquement créé pendant le processus d'importation avant de valider le nouveau dictionnaire de données. Tous les instantanés peuvent être consultés ultérieurement et être téléchargés sur la page Historique de la révision du projet.

Besoin d'aide?
Si vous voulez voir un exemple de la façon dont votre dictionnaire de données peut être formaté, vous pouvez télécharger le [Dictionnaire de données de démonstration](#), ou vous pouvez regarder le [Vidéo d'auto-formation concernant le dictionnaire de données \(14 min\)](#). Pour vous aider à configurer votre dictionnaire de données, vous pouvez également voir les instructions figurant sur le [Aide & FAQ](#).

Étapes pour effectuer des modifications de projet:

- 1.) [Télécharger le Dictionnaire de données](#)
- 2.) Modifier le dictionnaire de données (voyez [Aide & FAQ](#) pour de l'aide)
- 3.) Téléchargez le dictionnaire de données vers REDCap en utilisant le formulaire ci-dessous
- 4.) Les modifications seront appliquées au projet après que le dictionnaire de données sera contrôlé pour les erreurs

Téléchargez votre dictionnaire de données vers REDCap (format CSV seulement)

Format pour les valeurs de validation min/max pour les champs de date et DateHeure :
DD/MM/YYYY ou YYYY-MM-DD

Parcourir... Aucun fichier sélectionné.

Télécharger

Figure 12 : DataDictionary

tes_long

Outil d'importation de données

Ce module peut être utilisé pour importer des données dans ce projet depuis un fichier CSV (délimité par des virgules) ou depuis un fichier XML au format CDISC ODM. Voici les étapes que vous devrez suivre pour importer vos données avec succès dans ce projet.

REMARQUE: Ce projet est actuellement en statut de développement. **Les vraies données ne doivent pas être saisies** tant que le projet n'est pas en statut de production.

Importation CSV Importation CDISC ODM (XML)

Instructions:

- 1.) Cliquez sur le lien ci-dessous pour télécharger le modèle d'importation de vos données en fichier CSV (délimité par des virgules). Sauvegardez-le sur votre ordinateur et ouvrez-le ensuite afin de commencer à le remplir des données que vous désirez importer.
 - [Téléchargez votre Modèle d'importation de données](#) (avec des enregistrements en lignes)
 - OR
 - [Téléchargez votre Modèle d'importation de données](#) (avec des enregistrements en colonnes)
- 2.) Dans chaque colonne du modèle d'importation de données que vous avez téléchargé, saisissez les données de chaque enregistrement que vous désirez importer. Une fois que toutes les données sont saisies, sauvegardez le fichier.
 - Faites attention de ne pas changer les noms des variables/champs du fichier sinon une erreur se produira.
 - Pour tous les champs 'dropdown' (déroulant) ou 'radio' (case d'option) du projet, vous ne devez avoir que des valeurs numériques (et non des valeurs texte) sinon le fichier ne peut pas être traité.
 - Toutes les lignes ou colonnes vides du fichier peuvent être supprimées sans aucun problème avant l'importation du fichier. Ceci réduit le temps d'importation, surtout pour les projets de grande taille.
- 3.) Cliquez sur le bouton 'Choose File' ci-dessous pour choisir le fichier sur votre ordinateur. Ensuite, cliquez sur le bouton 'Télécharger le fichier' pour télécharger le fichier.
- 4.) Après le téléchargement de votre fichier, vos données ne seront pas importées tout de suite mais plutôt affichées et vérifiées pour des erreurs afin de s'assurer que toutes les données sont dans le format exigé avant qu'elles ne soient enfin importées dans le projet.

Format des enregistrements: Le fichier à télécharger comporte des enregistrements séparés par des Lignes

Format pour les valeurs de date et DateHeure : DD/MM/YYYY ou YYYY-MM-DD

Autoriser les valeurs vierges à écraser les valeurs enregistrées déjà existantes ?
Non, ignorer les valeurs vides dans le fichi

Numéroté automatiquement les enregistrements importés (forcer la numérotation automatique des enregistrements) ?
Non, utilisez le numéro d'enregistrement fi

Téléchargez votre fichier CSV vers REDCap:

Parcourir... Aucun fichier sélectionné.

Télécharger le fichier

Figure 13 : DataTemplate

Ainsi si on n'a pas accès à REDCap, il suffit de remplir ces fichiers sur place et de les remettre sur REDCap dès qu'on en a l'occasion.

Par ailleurs, nous avons aussi réalisé un document d'aide utilisateur (**Annexe II**) qui sera mis sur l'**intranet*** de l'INT pour expliquer les fonctionnalités de base de REDCap : l'authentification, la création et l'accès aux projets entre autres.

D'autre part, nous avons utilisé le système en tant qu'administrateur afin de voir les acquis ainsi que les ajouts qu'on pouvait y faire.

Nous avons ainsi remarqué que l'administrateur était un utilisateur basique qui avait en plus une page de contrôle (**Figure 14**) où il pouvait gérer tous les projets et utilisateurs de REDCap.

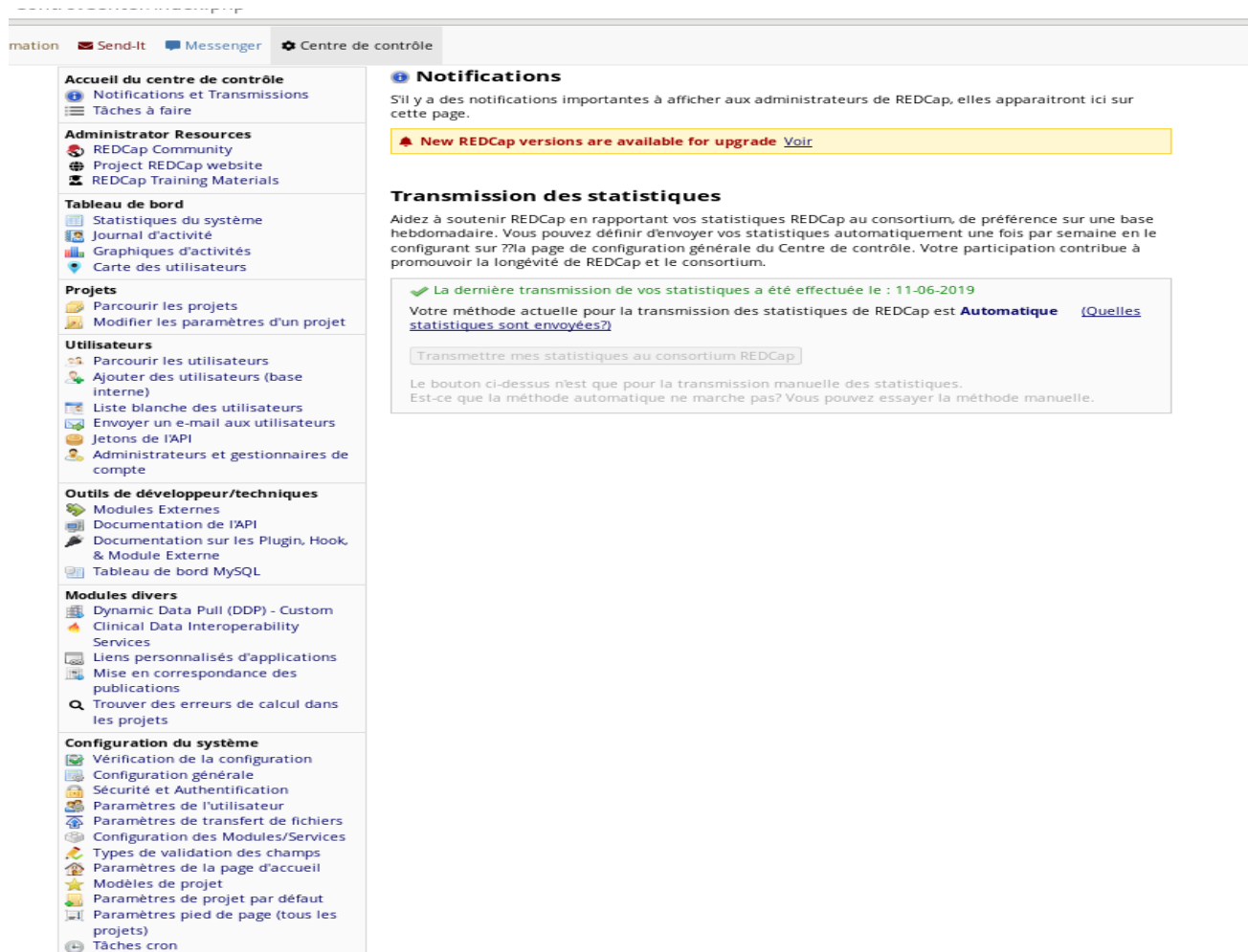


Figure 14 : Centre de contrôle d'un administrateur de REDCap

Nous avons aussi découvert que les administrateurs ont la possibilité de créer des « plugins », des pages php qu'on peut mettre en place pour ajouter des fonctionnalités qui n'existe pas encore sur le système de base de REDCap. La traduction du système est un exemple de ces « plugins ».

Après avoir compris le fonctionnement du système, nous avons commencé à nous poser la question à savoir comment faciliter l'intégration des données de recherche déjà acquises ?

3.3 Intégration des données existantes

Après l'installation du système REDCap de test et l'étude des diverses fonctionnalités, nous avons commencé une campagne de récupération de données de tests pour intégrer des données réelles des chercheurs afin de voir comment ça marchait et les soucis auxquels nous pouvions être confrontés.

Dans cette optique, nous nous sommes rendu compte que la création de formulaire et l'intégration des données manuellement sur REDCap pouvaient prendre énormément de temps en particulier si les formulaires ont beaucoup de participants.

Nous avons alors décidé de développer des scripts pour automatiser au maximum l'intégration de ces données dans REDCap. Dans le but de faciliter la modification et l'utilisation de ces scripts suivant l'environnement du bureau plus ouvert au langage de programmation python, j'ai proposé d'écrire ces scripts en python.

Avec l'aide de mon tuteur qui m'a montré les bibliothèques python et **pandas***, nous avons pu écrire plusieurs scripts.

Le premier (**Annexe III.1**) pour la création automatique des formulaires repose sur le principe de la datadictionary. En effet le script permet de construire une datadictionary à importer sur REDCap à l'aide des données.

Ainsi le script prend en entrée différents arguments comme le chemin vers les documents, le nom du fichier contenant les données, le nom pour la datadictionary remplie, le nom du champ identifiant...

Et après diverses manipulations, nous récupérons à la sortie une datadictionary qui est remplie à importer au niveau de REDCap. Après l'importation, les formulaires sont automatiquement créés et on peut faire différentes modifications au niveau du concepteur en ligne.

A la suite, on dispose d'un dictionnaire de données rempli avec tous les formulaires, les champs et leurs caractéristiques.

Pour remplir ses formulaires, nous avons plusieurs scripts en fonction des fonctionnalités du projet.

Ainsi le deuxième script (**Annexe III.2**) pour un projet basique prend en entrée le fichier d'importation de données (datatemplate) téléchargés après la création des formulaires et le fichier de données initial pour fournir en sortie un fichier de données rempli avec les bons noms de variables... Ce nouveau fichier importé au niveau de REDCap va permettre de créer les enregistrements.

Finalement, grâce à ces scripts on est parvenu à faciliter au maximum le processus d'intégration des données (**Figure 15**).

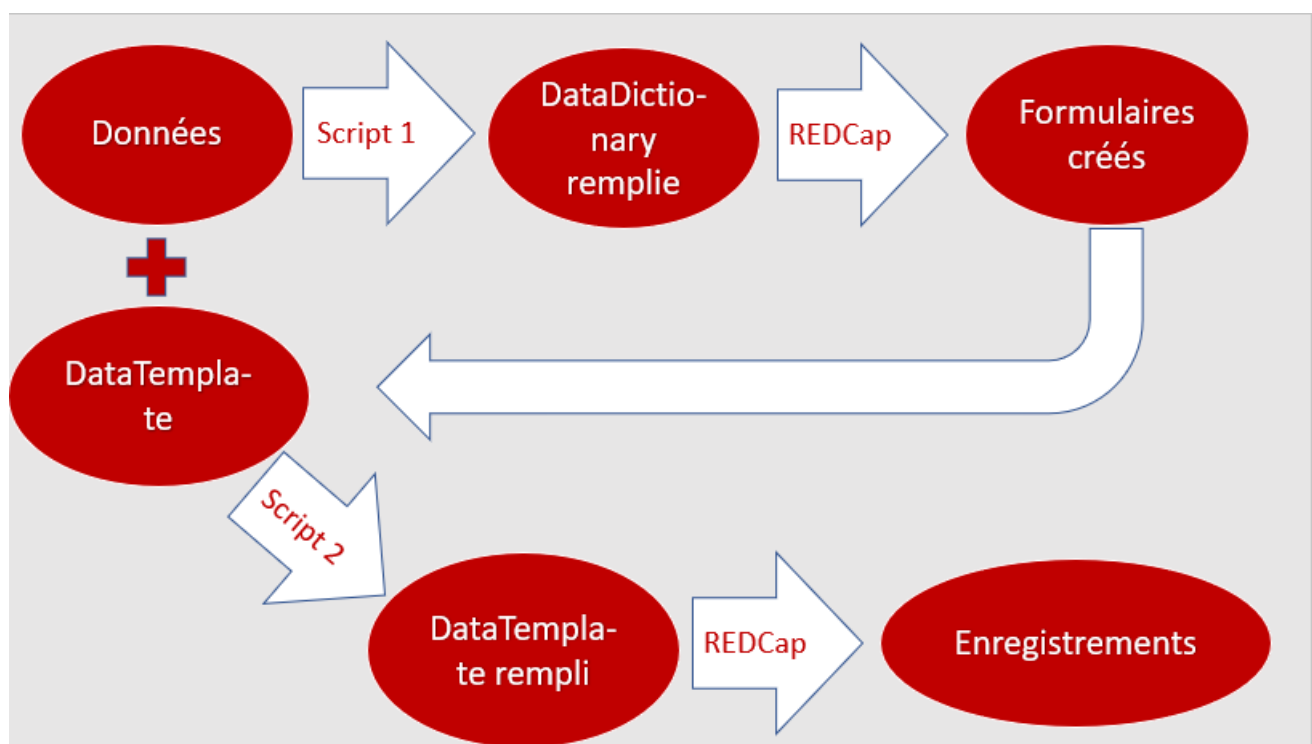


Figure 15 : Schéma résumant l'intégration de données existantes dans REDCap

Toutefois, ces procédés ont quelques inconvénients surtout au niveau de la nomenclature des champs des formulaires. En effet ces scripts se basent entièrement sur le fichier de données initial qui doit être sous format csv ou lisible par excel. De plus si au niveau de ces fichiers, il existe certaines irrégularités, REDCap n'acceptera pas la datadictionary issue ou fera ses propres modifications (**Figure 16**).

Accueil Projet Configuration Concepteur en Ligne Dictionnaire de données

VIDÉO: Comment utiliser cette page

Cette fonction vous permettra de créer de nouveaux formulaires de collecte de données/questionnaires ou de modifier ceux qui existent déjà. Les modifications peuvent être faites en utilisant le **Concepteur en Ligne** ou le **Chargement de Dictionnaire des Données** (voir les onglets ci-dessus), dans lesquels vous pourrez utiliser l'une des méthodes ou les deux. Le Concepteur en Ligne pourrait vous aider à créer rapidement les premiers champs/formulaires ou à faire rapidement des modifications, mais l'utilisation du fichier du Dictionnaire des Données peut être plus utile si vous ajoutez un grand nombre de champs pour ce projet.

RETOUR À LA PAGE PRÉCÉDENTE

ⓘ Votre dictionnaire de données n'a PAS pu être chargé à cause des erreurs listées ci-dessous. Veuillez corriger ces erreurs et réessayez le chargement de votre dictionnaire de données.

Erreurs trouvées dans votre dictionnaire de données:

Chaque ligne doit avoir un type de champ, mais les cellules suivantes n'en ont pas: **D7, D14.**

Les seuls types de champ valides sont text, notes, radio, dropdown, calc, file, checkbox, yesno, truefalse, descriptive, slider et doivent tous être en minuscules. Les éléments suivants sont des types de champ incorrectes mentionnés dans votre dictionnaire de données:

(D7)
(D14)

Seulement les champs 'texte' peuvent avoir une vérification. Les types de vérification suivants doivent être supprimés de votre dictionnaire de données sinon leur type de champ devra être changé en 'texte': **H7**

Avertissements admissibles trouvés dans votre dictionnaire de données:

Les noms des variables ou des champs doivent être composés seulement de lettres minuscules, de chiffres, et d'underscores.

lateralit54:: (A8) a été remplacé par **lateralit54**
patient_normothymique;u (A11) a été remplacé par **patient_normothymiqueu**
patient_accepte_pour'I_Klmt (A17) a été remplacé par **patient_accepte_pourl_klmt**

Les noms des variables ou des champs sont supposés être moins de 26 caractères de longueur. Vous devriez raccourcir les noms de variables suivants:

patient_accepte_pour'I_Klmt (A17)

RETOUR À LA PAGE PRÉCÉDENTE

The REDCap Consortium | Citing REDCap

Figure 16 : Réponse de REDCap à l'intégration de mauvaises données

Ainsi dans le but d'empêcher des cas d'erreurs, nous avons convenus de demander aux chercheurs de formaliser les données qu'ils nous fournissent.

Par exemple, que les champs correspondant à des données de calcul soient précédés par trois sous-tirets afin que le script ne les prenne pas en compte. En effet, Ils ne sont actuellement pas gérables par les scripts mais peuvent être rajoutés ultérieurement après la création des formulaires.

Par ailleurs, nous avons noté l'existence de champs de calcul qui correspondent à des moyennes issues d'autres tests dont les formulaires sont assez communément utilisés. Nous avons alors proposé de créer un projet où seraient recensés tous ces formulaires déjà validés par les comités scientifiques et très souvent utilisé dans le but de juste les appeler au niveau des projets et de ne pas toujours être obligés de les recréer. Ce qui pourrait constituer le début pour la création d'une bibliothèque de formulaires « open source » en français.

En outre, grâce aux différents tests réalisés, nous avons aussi pensé que REDCap peut ne pas se cantonner au rôle de collecteur de données cliniques et démographiques et dans ce

sens, nous avons même eu à chercher des solutions à d'autres besoins de l'INT en passant par REDCap.

3.4 Projet Métadonnées de Recherche

En plus de son utilisation pour la collecte de données cliniques et démographiques, nous avons aussi eu à réfléchir à des propositions sur d'autres besoins spécifiques que REDCap pourrait combler.

Par exemple, le directeur de l'INT nous a demandé de lui proposer des solutions pour la gestion des projets.

En effet, il doit rendre compte au CNRS des projets en cours, en suspension ou même arrêter pour éviter d'assurer des projets déjà finis entre autres. Il voulait ainsi pouvoir accéder à une liste des projets, leur état, leur investigateurs, d'autres données pertinentes ainsi que certains documents liés au projet comme la fiche de validation du CNRS ou encore les différentes autorisations nécessaires au projet par exemple...

Après réflexion et diverses propositions, nous avons décidé de créer un projet sur REDCap appelés Métadonnées de projet où au lieu d'avoir des participants à un projet, nous aurons la liste des recherches qui fourniront leurs informations grâce à des formulaires préétablies et des fichiers attachés. Ce projet comptera des formulaires avec des champs pour les différentes informations et aura une certaine structure (**Figure 17**).

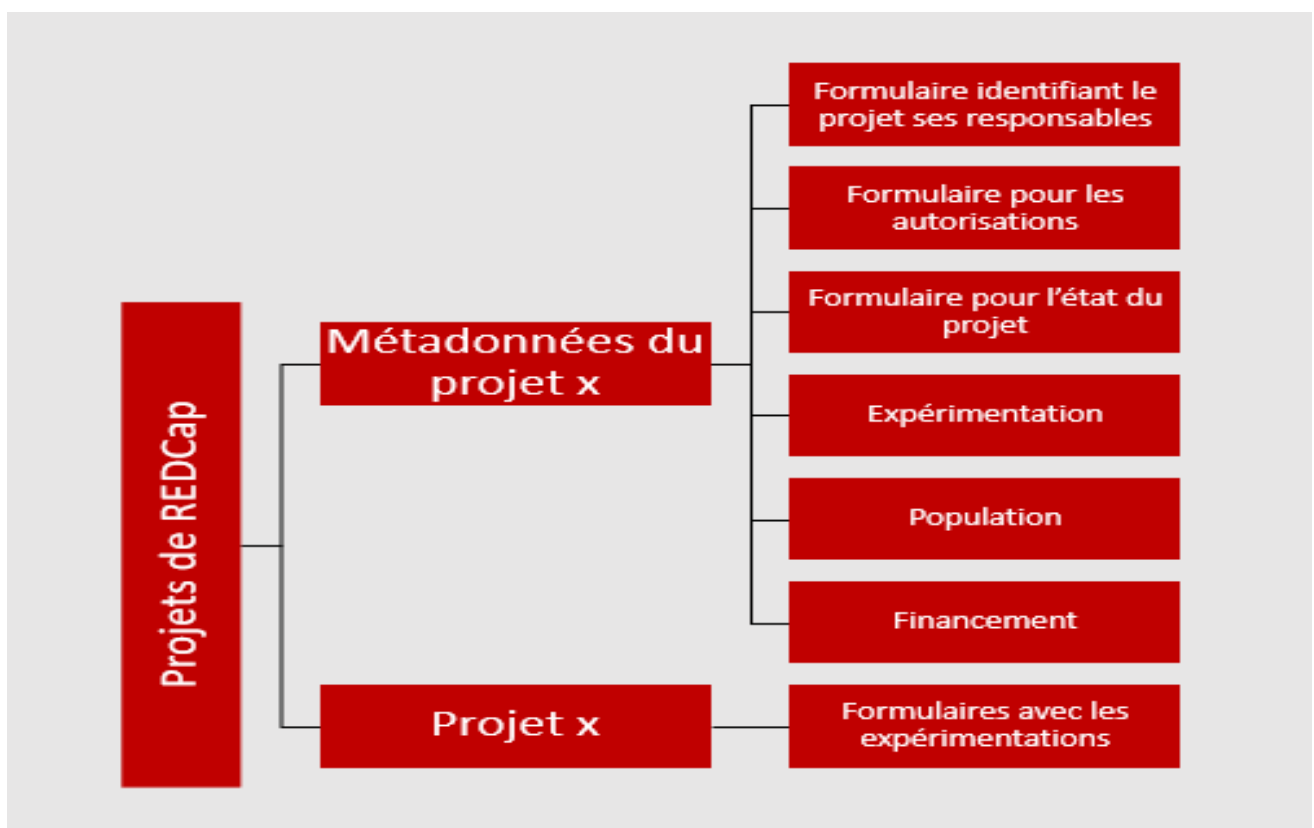


Figure 17 : Architecture du projet Métadonnées

La réalisation de ce projet est toujours en cours, nous avons une certaine architecture et il reste à créer les formulaires et à ajouter les différentes options.

Conclusion

Dans le cadre de l'organisation et de la gestion des données générées par les chercheurs, nous avons été chargé d'installer le système REDCap pour la collecte et la gestion de données cliniques et démographiques à l'INT. Après ces 10 semaines au sein du NIT, un système de test est en place et des scripts ont été mis à jour pour automatiser l'installation du logiciel final. Des tests ont été faites et des solutions ont été mises en place pour résoudre les différents problèmes relevés ainsi qu'un document d'aide pour faciliter la compréhension du système.

Nous sommes même parvenus à détecter d'autres utilisations de REDCap notamment avec le projet Métadonnées de projet et l'idée de la bibliothèque de formulaires en français qui pourront être développés ultérieurement.

Ce stage a été très enrichissant. Nous avons acquis de nombreuses compétences notamment en développement avec l'étude de python, en administration avec l'écriture de fiche d'installation correcte et utilisable, en communication avec une plus grande fluidité au niveau du discours et une capacité d'adaptation à nos interlocuteurs.

Mais le plus important est que nous avons humainement grandis en développant plus notre autonomie, notre force de proposition et notre confiance en nous.

Ces qualités nous seront indispensables pour notre projet professionnel qui est de devenir ingénieur dans le domaine des réseaux et de la Télécommunications

Remerciements

La réalisation de ce rapport a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner ma gratitude.

Tout d'abord, je souhaite adresser toute ma reconnaissance à mon tuteur de stage Mr David Meunier, pour sa patience, sa compréhension, sa disponibilité et ses judicieux conseils qui ont permis d'alimenter et d'orienter nos réflexions dans le bon chemin.

Je désire aussi remercier l'INT ainsi que l'ensemble du personnel du NIT pour leur temps, leur confiance ainsi que toute l'aide et les conseils apportés qui m'ont été bénéfiques.

Enfin un grand merci à mon tuteur de stage Mr Djamal Merad pour le temps et le soutien apporté ainsi qu'à tout le corps professoral et administratif de l'IUT R&T pour nous avoir fourni les bagages nécessaires à la réussite de nos études.

Lexique

DUT, Diplôme Universitaire de Technologie

IUT, Institut Universitaire de Technologie

INT, Institut de Neurosciences de la Timone

AMU, Aix Marseille Université

CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique

NIT, Neuroinformatics and Information Technology

CRISE, Cellule Réseau, Informatique Scientifique

REDCap, Research Electronic Data Capture

NCRR, National Center for Research Ressources

NIH, National Institute of Health

HIP, Human Investigation Platform

ELK, ElasticSearch, Logstash, Kibana

SMTP, Simple Mail Transfert Protocol

VM, Virtual machine ou Machine Virtuelle

HTTPS, HyperText Transfer Protocol Secure ou protocole de transfert hypertextuel sécurisé

SSL, Secure Socket Layer

Glossaire

Centre de Calcul : grappe de calcul de 512 cœurs, cluster de stockage 210TB et outils associés.

Métadonnées : données qui décrivent d'autres données.

Open source : Un logiciel Open Source est un programme informatique dont le code source est distribué sous une licence permettant à quiconque de lire, modifier ou redistribuer ce logiciel.

Consortium REDCap : un réseau d'experts formé par les administrateurs des systèmes REDCap au niveau des instituts partenaires. Les membres du consortium échangent leur expertise et leur aide gratuitement. Ils surveillent et apportent quotidiennement des réponses à diverses questions générales et complexes des administrateurs.

PHP, Hypertext Preprocessor : langage de programmation informatique essentiellement utilisé pour produire à la volée des pages web dynamiques.

Relai SMTP : serveur par lequel les mails transitent avant d'aller vers le serveur Serveur SMTP ou vers le destinataire.

Docker : Outil qui peut conserver une application et ses dépendances dans un conteneur isolé, qui pourra être exécuté sur n'importe quel serveur.

Cluster de virtualisation : Il s'agit d'un groupe de serveurs virtuels indépendants fonctionnant comme un seul et même système.

Zipper : Compresser

Bash : Langage de programmation Linux utilisé pour l'automatisation des tâches.

LDAP, Lightweight Directory Access Protocol est un protocole permettant l'interrogation et la modification des services d'annuaire.

CSV, Comma-separated values : Format de fichiers textes dont les données sont séparées par des virgules.

Intranet : site internet de l'INT disponible qu'en local et accessible qu'aux employés et chercheurs de l'INT où on retrouve les différents travaux des plateformes technologiques.

Pandas : librairie python qui permet de manipuler facilement des données à analyser.

Bibliographie

About Docker [en ligne]. Mis à jour le 11/06/2019. Disponible sur : <https://docs.docker.com/install/>

Configuration d'un serveur mail avec Postfix [en ligne]. Publié par AnatomicJC le 27/05/2010, mis à jour le 07/03/2017. Disponible sur :

https://wiki.debian-fr.xyz/Configuration_d%27un_serveur_mail_avec_Postfix

DreamHost [en ligne]. Mis à jour le 20/05/2019. Using pip3 to install Python3 modules Disponible sur : <https://help.dreamhost.com/hc/en-us/articles/115000699011-Using-pip3-to-install-Python3-modules>

INT [en ligne]. Par Jimmy LABEJOF. Disponible sur : <http://www.int.univ-amu.fr/>

Intranet de l'INT [en ligne]. Jimmy LABEJOF, Mis à jour le 19/03/2019. Disponible sur : <https://intranet.int.univ-amu.fr/>

Introduction à Python 3 [en ligne]. Par Laurent Pointal et Bob Cordeau le 07/08/2015. Disponible sur : <https://python.developpez.com/cours/apprendre-python-3/?page=conteneurs-standard>

Linuxtricks [en ligne]. Par ADRIEN.D, Mis à jour le 31/12/2016. Cron et crontab : le planificateur de tâches ! Disponible sur :

<https://www.linuxtricks.fr/wiki/cron-et-crontab-le-planificateur-de-taches>

OpenClassroom [en ligne]. Par Vincent Le Goff, Mis à jour le 19/02/2019. Apprendre à programmer en python Disponible sur :

<https://openclassrooms.com/fr/courses/235344-apprenez-a-programmer-en-python/230659-decouvrez-python>

OpenClassroom Forum [en ligne]. Publié le 03/01/2017, mis à jour le 08/06/2017. Disponible sur : <https://openclassrooms.com/forum/sujet/warning-mail-smtp-server-response-530-5-7-0-m>

Pandas [en ligne]. Mis à jour le 02/06/2019. Disponible sur :

<http://www.python-simple.com/python-pandas/panda-intro.php>

Pandas 0.24.2 Documentation [en ligne]. Mis à jour le 13/03/2019. Disponible sur :

https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/getting_started/tutorials.html

PHPmyadmin [en ligne]. Mis à jour le 10/06/2019. Disponible sur :

<https://docs.phpmyadmin.net/fr/latest/config.html>

REDCap [en ligne]. Disponible sur : <https://www.project-redcap.org/>

REDCap ac@dm groupe de data managers académiques [en ligne]. Publié par Lilian LABORDE le 08/09/2014. Disponible sur : <http://www.acadm.fr/blog/tutoriel-redcap.html>

REDCap community [en ligne]. Disponible sur :

<https://community.projectredcap.org/users/login.html>

The Python Standard Library [en ligne]. Mis à jour le 10/06/2019. Disponible sur :

<https://docs.python.org/3/library/>

Thierry Valéro, Bruno Granouillac, REDCap : Du terrain à la conformité, de la recherche clinique à l'écologie ? [Présentation], Atelier "Carnets de terrain électroniques" 29 mars 2018 à Montpellier