

# Documentation du projet Transdisciplinaire N°14 :

Com'PLANTE



# Sommaire

Introduction	3
<b>Contexte</b>	<b>4</b>
Fablab	4
ENSC - projet transdisciplinaire	5
Vegetal Signals	5
Communication Hommes/Plantes	7
Protocole technique	7
Début de la démarche	7
Mesurer des signaux physiologiques : prise en main des capteurs	8
Traiter les signaux et les traduire en sons	11
Interpréter les graphiques et les sons entendus	12
Exemples de mesures	12
Pédagogie	<b>16</b>
Méthodes CCU	16
Détermination des profils des stagiaires	16
Profils psychologiques	16
Critères personnels	16
Méthodes de suivi des étudiants	18
Grille d'observation	18
Questionnaires et entretiens	20
Suivi des étudiants après le stage	21
Les Contes	22
Methodologie Générale	22
Adaptation de la méthode dans le cadre du "Projet Racine"	27

## Introduction

Le projet Com'Plante avait deux objectifs : déterminer s'il peut y avoir une forme de communication entre les hommes et les plantes, et établir un suivi de jeunes en raccrochage scolaire, au sein du fablab Coh@bit.

Pour déterminer la présence ou non d'une communication, nous avons pour mission d'observer des stagiaires en raccrochage pendant leur manipulation des plantes, et d'analyser leurs résultats et les signaux qu'ils mesuraient, tout en étant conscients des risques d'anthropomorphisation.

Comme un traitement de ces signaux peut paraître difficile à interpréter, le client du projet nous a suggéré de les transformer en sons, ce qui semble plus adapté à l'interprétation par les étudiants.

Ce projet peut avoir un intérêt important à un niveau bien plus vaste que la structure du fablab. En effet, si une forme de communication rudimentaire peut être établie avec les plantes, si nous au moins nous comprenons leurs besoins, cela pourrait avoir de nombreuses applications : il serait possible de les arroser automatiquement uniquement lorsqu'elles en expriment le besoin, et de faire ainsi de grandes économies en eau ; idem pour les pesticides. Cela pourrait changer la manière dont nous cultivons les plantes, et rendre cela facile et accessible à tous, sans connaissances particulières.

Communiquer avec les plantes pourrait également aider à sensibiliser les gens au respect du monde végétal, et de notre écosystème en général.

# 1. Contexte

## 1.1. Fablab

*“ Coh@bit, le fablab de l'université de Bordeaux, est un espace de fabrication numérique, qui propose des ateliers DIY sur Bordeaux, Pessac et Gradignan. Le fablab Coh@bit propose de la formation imprimante 3D pas cher, mais aussi de la location machine découpe laser, découpe vinyle, des ateliers pour les associations, pour les entreprises, pour les collectivités. Le fablab est un espace collaboratif de création technologique unique en Gironde et en Aquitaine. Coh@bit est situé sur le campus de l'IUT de Bordeaux, près de la fac, et accueille aussi des étudiants. ”<sup>1</sup>*

Le fablab se veut un lieu de rencontre où des étudiants, des particuliers, des professionnels, des jeunes et des personnes en reconversion peuvent échanger leurs expériences et travailler sur leurs projets respectifs.

Ce lieu propose également des stages ponctuels pour des adhérents ou bien pour des classes sur différents sujets. Ce qui concerne plus précisément le projet Com'Plantes est l'accueil de stagiaires en raccrochage. Ces stagiaires sont accueillis suite au programme PARI (ORIENTATION - ACCROCHAGE - RACCROCHAGE - INSERTION)<sup>2</sup> lancé en 2015, qui part du constat du taux important de décrochage à l'université en région Aquitaine. En 2017 a lieu le lancement du projet YES (Yourself. Enseignement. Supérieur.)<sup>3</sup>, qui a pour objectif d'agir pour le raccrochage des étudiants en leur proposant de réaliser des projets dans le fablab de l'IUT de Bordeaux, Coh@bit. Au terme d'une semaine d'observation, les raccrocheurs peuvent choisir de réaliser un premier stage d'un mois à Coh@bit où ils pourront travailler sur différents projets, qu'ils soient personnels ou proposés par la structure. Ils peuvent ensuite choisir de réaliser un deuxième stage d'un mois, ce que font la majorité des étudiants en raccrochage.

Par la suite, ces étudiants seront appelés dans le rapport : “étudiants”, “apprenants” ou bien “stagiaires”.

---

<sup>1</sup> Description du fablab disponible sur le site <https://www.iut.u-bordeaux.fr/cohabit/> consulté le 14/04/2019

<sup>2</sup> le site de PARI <https://www.parilab3e.fr/> et la brochure de PARI <https://www.parilab3e.fr/wp-content/uploads/2018/12/Brochure-PARI-web.pdf> consultés le 14/04/2019

<sup>3</sup> la page de l'initiative YES <https://www.parilab3e.fr/experimentations/yes/> et la brochure <https://www.iut.u-bordeaux.fr/cohabit/wp-content/uploads/2018/03/plaquette-YES1.pdf> consultés le 14/04/2019

Il y a aussi un lien possible à développer avec les étudiants qui effectuent leur service civique au fablab, certains de ces jeunes étaient volontaires pour participer à nos expériences et nous aider.

Le fablab est situé 15 rue de Naudet Bâtiment 10A – CS 10207 33175 GRADIGNAN Cedex et est ouvert du lundi au vendredi de 10h à 18h. Les informations pratiques pour rejoindre le fablab sont disponibles à l'adresse suivante <https://www.iut.u-bordeaux.fr/cohabit/contact/>.

Le fablab dispose d'un site qui regroupe les différents projets existants qui sont proposés aux étudiants qui passent par le fablab : <https://projets.cohabit.fr/redmine/projects>.

## 1.2. ENSC - projet transdisciplinaire

Dans le cadre du projet transdisciplinaire donné en première année à l'École Nationale Supérieure de Cognitique<sup>4</sup>, le client M. Pierre GRANGÉ-PRADERAS, Animateur pédagogique au fablab de l'IUT de Bordeaux, propose un projet à double objectif au sein du fablab pour un groupe d'étudiants de l'ENSC :

- D'un côté, déterminer s'il y a une communication entre hommes et plantes. Les signaux des plantes seront traduits en sons, car selon notre client, cela pourrait rendre plus facile l'interprétation des résultats par les stagiaires.
- D'un autre côté, proposer un processus de suivi des stagiaires en raccrochage.

Le projet de détermination de communication Hommes / Plantes est également proposé aux étudiants en raccrochage du fablab. Ils peuvent réaliser des mesures à l'aide des capteurs qui sont détaillés dans la rubrique 2.1 Protocoles technique et mener leurs propres expériences. Le rôle des élèves de l'ENSC est de les observer manipuler les plantes et de déterminer s'il y a une forme de communication entre les stagiaires et les plantes.

La partie sur le protocole pédagogique consiste à proposer un protocole de suivi des étudiants, pour évaluer des critères personnels de progression. Cette partie est détaillée dans la rubrique 3. Pédagogie.

## 1.3. Vegetal Signals

Vegetal Signals<sup>5</sup> est une entreprise implantée à Bordeaux, dirigée par M. Fabian LE BOURDIEC. Ils effectuent des recherches quant à la réponse électrique des plantes. Ils utilisent cette technologie notamment pour développer des systèmes d'arrosage automatique des plantes lorsqu'elles en ont besoin. Un entretien a été réalisé avec M. LE BOURDIEC, dont la retranscription est disponible par demande aux rédacteurs de ce site. Ce sont eux qui fournissent les capteurs utilisés pour les expériences.

Par ailleurs, plusieurs expériences et études ont déjà été menées, comme la traduction de signaux physiologiques en sons.

---

<sup>4</sup> Site de l'école disponible à l'adresse <https://ensc.bordeaux-inp.fr/fr>

<sup>5</sup> Site de l'entreprise <http://vegetalsignals.com/>

C'est ce qui a été réalisé par des chercheurs, convertir les signaux obtenus par un électroencéphalogramme de patients atteints de différents troubles du sommeil (voir le site <http://www.miltonline.com/ondasleep/>).

## 2. Communication Hommes/Plantes

### 2.1. Protocole technique

**Note importante :** Ce protocole technique n'a valeur que de **proposition de démarche**.

Il n'est en aucun cas obligatoire, il invite justement les apprenants comme les tuteurs à produire leur propre démarche/plan d'expérience.

Ce protocole sert également de fiche technique, à laquelle l'apprenant peut se référer pour avoir des informations générales sur les plantes et les capteurs. L'**exemple** de démarche présenté ici, comme les autres, a pour but la détermination d'une potentielle communication Hommes/Plantes.

**Note aux tuteurs :** Les protocoles sont à adapter aux mieux aux étudiants en situation de rattachement, cette dimension humaine est à garder en tête tout au long du projet.

#### 2.1.1. Début de la démarche

*Lister l'ensemble des paramètres d'entrée*

La toute première action que devra effectuer le stagiaire sera de définir un axe de recherche et un objectif "final", qui donnera un sens et une motivation à la suite du projet.

Pour cela, ce dernier devra rechercher et lister l'ensemble des paramètres à mesurer ou contrôler dans l'environnement de la plante, pour observer sa réaction.

Cependant, si le tuteur juge que le stagiaire est bloqué, pour l'encourager ou s'il en fait la demande, nous avons constitué une courte liste non exhaustive dont le stagiaire pourra s'inspirer :

- la présence,
- le son / la voix,
- l'air : notamment des mesure de température, ou d'humidité,
- l'eau,
- la lumière,
- le pH

*Déterminer les paramètres saillants*

Le second point est de faire le tri dans la liste précédemment construite, et de ne garder que les paramètres d'entrée les plus pertinents. Ces paramètres seront ceux que l'expérimentateur cherchera à modifier pour observer une réaction de la plante.

Sur quels critères ?

- En premier lieu l'intuition du stagiaire, son envie à creuser dans cette voie.
- S'il a déjà été étudié par un autre stagiaire. Auquel cas il sera invité à se référer à ses comptes de clôture (partie 3.2.2) et ses fiches de résultats (partie 2.2). Cette étude pourra lui permettre de continuer ou compléter les résultats de l'autre stagiaire
- Selon la plan d'expérience adopté. En effet, il pourra être envisagé de faire un plan d'expérience, afin de regarder l'ordre dans lequel présenter les paramètres d'entrée à la plante, mais également l'ordre des mesures à effectuer. De même, cela permettra de déterminer si certaines grandeurs sont liées linéairement entre elles.

### 2.1.2. Mesurer des signaux physiologiques : prise en main des capteurs

Cette section est à considérer comme une "Fiche outils" dans laquelle l'apprenant pourra venir piocher les informations dont il a besoin tant au niveau des plantes (relatif à leur nature propre), que des capteurs.

Ces informations nous ont été transmises par **Fabian Le Bourdieu**, qui nous a accompagnés durant notre projet. Il avait pour rôle celui de référent de Vegetal Signals, mais aussi "d'expert" concernant les plantes et les capteurs.

Ce qu'il faut savoir sur les capteurs et les plantes

→ Sur les capteurs :

- ◆ 8 ports : les capteurs utilisés sont contenus dans des boîtiers de 8 ports +/- . On peut donc brancher 8 électrodes, appelées aussi capteurs, à l'aide d'un optocoupleur.
- ◆ Il existe 2 types de mesures : soit 1 couple +/- soit brancher plusieurs + sauf 1 seul sur le port SRBD qui jouera le rôle de masse.
- ◆ Les électrodes utilisées sont des électrodes d'hôpitaux. Leur longueur est de 2,5 cm. On les plante 3 à 5 mm max dans le phloème, le reste de l'électrode est isolé avec du polystyrène. (cf. Partie suivante)



- ◆ Les mesures sont différentielles : deux capteurs sont nécessaires pour effectuer un ensemble de mesure, en effet on mesure une différence de potentiel. Principalement, on place une électrode sur la tige et l'électrode de la masse sur le tronc de la plante.
- ◆ Fréquence d'échantillonnage des capteurs : 250Hz.
- ◆ Les unités des mesures : On veut étudier deux choses ; le grésillement, bruit de l'ordre du microvolt et la porteuse de l'ordre du millivolt. Les données en tension et en ampères sont donc faibles.
- ◆ Oscilloscope non utilisable : l'ordre de grandeur du signal mesuré est trop bas. Cependant cela nous indique que nous mesurons le bruit électronique de 50hz, en plus de notre signal, il faudra donc le filtrer par la suite.
- ◆ Deux durées de mesures : en temps réel ou en accéléré sur des longues périodes. C'est la deuxième catégorie qui apporte les informations les plus riches et exploitables, car la plante réagit à un ensemble de facteurs, une mesure instantanée sera donc très sujette aux variations.
- ◆ L'autonomie de l'appareil de mesure et mémoire : le boîtier est composé d'une carte micro SD pouvant contenir des mesures sur 53 jours. C'est cette carte qui contient les données qui seront récupérées par la suite. Les données sont chiffrées en hexadécimal 24 bit. Le boîtier est également composé d'une batterie de 8 à 9 jours (soit 4 piles) d'autonomie puis qui bascule sur des panneaux solaires.

→ *Sur les plantes et leurs signaux physiologiques :*

- ◆ Le phloème est une sorte de canal qui sert, entre autres, à transporter la sève élaborée (riche en glucide) jusque dans les parties de la plante en croissance.
- ◆ Les 20 premières mesures représentent la réaction de la plante à la blessure infligée par l'implantation de l'électrode dans le phloème. De fait, les mesures ne sont exploitables que 20 min après la pose des capteurs.
- ◆ Lors des mesures, on compare le fonctionnement normal de la plante (saine) à des conditions où la plante est stressée (mise sous contrainte) comme par exemple un stress hydrique, ce à quoi nos plantes ont été habituées. Cela offre une nouvelle approche du choix des paramètres d'entrée, qui peuvent être vus par la plante comme des contraintes.
- ◆ Le signal mesuré est la combinaison de deux sources de signaux physiologiques :

- Activité chlorophyllienne (en haut)
- Échange électrochimique ( $H_2O$ , suit l'état du substrat) (en bas)

C'est pourquoi on se place dans la tige : il y a la convergence des deux flux d'information, ascendant et descendant.

- ◆ Des informations complémentaires sur les biosignaux sont dispensées à l'ENSC par le chercheur Laurent Arzac. Il pourrait être envisageable de transmettre les transparents de ce cours aux apprenants, pour se former aux méthodes d'interprétation de ces types de signaux.

*Les bonnes pratiques que nous avons apprises durant ce projet, et nos conseils :*

- Prendre en compte dans les résultats, les expérimentations faites par les précédents stagiaires (penser au temps de réponse...)
- Le temps de réponse des plantes est à mettre en lien avec la mémoire des plantes qui ont des réactions plus ou moins rapides.
- Définir une plage de temps des mesures et la fréquences des séances de mesures, afin de constater de l'évolution, ou l'habituatation globale des plantes. Il est donc important d'approfondir tous les critères de la première partie afin de bien mesurer les variations des entrées choisies par le stagiaire.
- Le réglage de l'offset n'est pas nécessaire dans notre cas. Bien entendu sauf cas particulier.

*Proposition d'une manière d'effectuer la mesure (exemple)*

1. Fixer dans la mesure du possible les paramètres qu'on ne souhaite pas faire varier pour éviter des perturbations de l'expérience (exemple : la luminosité, le bruit ambiant).
2. Choisir un mode du boîtier de mesure. Ce dernier en possède deux : Ground commun où toutes les masses des capteurs sont communes, l'autre Ground séparé, où toutes les masses sont individuelles.
3. Positionner les capteurs : le maintien des capteurs dans la plante doit se faire à une bonne distance, pour que le bout du capteur atteigne le phloème et que le signal ait une meilleure amplitude, ce qui donne des signaux de meilleure qualité. Pour cela, des plaques de polystyrène de 3 à 5mm de large sont disponibles. Enfoncer l'embout dans le sens de la largeur, une partie plus petite devrait ressortir de l'autre côté.



Si ce n'est pas le cas, prendre un morceau de moindre largeur. Une fois cela fait, positionner le capteur à l'endroit de la plante voulu (tige, tronc, ou racine) et enfoncer dans la plante la partie visible de l'embout.

4. Dès la fin de la pose des capteurs, se munir d'une "Feuille de présentation de résultats" et indiquer l'heure de pose. Puis remplir le reste. C'est cette fiche qui servira à décrire le contexte factuel et les conditions dans lesquelles ont été obtenues toutes les données brutes. Un exemple est disponible dans les livrables. Ce contexte factuel sera mis en vis-à-vis du contexte psychologique et social de l'individu, déterminé grâce à la grille d'observation utilisée par les tuteurs (cf. partie 3.1.2.1)

En ce qui concerne la fréquence des bilans contés, cela se fait au gré de l'apprenant, qui décide de faire son bilan quand il le souhaite et a assez d'informations. Nous détaillerons ce sujet dans la partie 3.2.2.

5. Dès que votre mesure est terminée, noter l'heure de retrait des capteurs. Votre mesure est finie, avec succès.

### 2.1.3. Traiter les signaux et les traduire en sons

Un des enjeux majeurs du projet est de traiter les signaux physiologiques des plantes. En effet, il existe des variations de potentiel entre les feuilles des plantes ligneuses et leur tige. Les plantes suivent différents cycles (circadiens, rapides), qui sont observables aussi via ces variations de potentiels.

Notre client tient à ce que la traduction de ces signaux rende les résultats plus intuitifs à interpréter. La proposition qui a donc été retenue, est de traduire ces signaux en **sons**. En effet, l'oreille humaine effectue plus naturellement des interprétations sonores.

Le traitement du signal n'étant pas le centre du travail des apprenants, nous nous sommes proposés de **préparer** ce traitement.

Il faut distinguer deux buts au traitement du signal : d'une part nettoyer les signaux, de l'autre, les représenter.

Ici on ne s'intéresse dans un premier temps qu'à la représentation de ces signaux.

Dans cet objectif, un premier script sera réalisé sur le logiciel libre Octave, dont le script sera fourni aux apprenants.

La version actuelle du script affiche en sortie un graphique présentant l'évolution des signaux physiologiques en millivolts (mV) en fonction du temps en secondes.

Le but est d'offrir un traitement automatique, "clé en main", et accessible aux apprenants, leur permettant de faciliter l'interprétation des effets des paramètres d'entrée.

#### À l'attention des futurs 1A

Un objectif futur de ce traitement serait un débruitage des parasites dûs aux appareils électriques à proximité des capteurs, puis la traduction de ces signaux en sons.

Quelques autres exemples de pistes de recherches :

D'autres manières de traduire ces signaux pourraient être explorées : traduction en lumière, contrôle d'un robot etc.

La proposition sera également faite aux apprenants d'envoyer des signaux électriques aux plantes, et d'en mesurer les effets grâce aux capteurs. Ainsi, en considérant la plante comme une boîte noire à caractériser, l'apprenant pourra regarder son comportement à travers sa réponse indicielle (la réponse impulsionnelle pouvant être dangereuse pour certains systèmes, nous préférons préserver les plantes et en première hypothèse proposer aux apprenants l'observation de la réponse à un échelon (indicielle)) et ainsi caractériser ce système.

#### 2.1.4. Interpréter les graphiques et les sons entendus

Le stagiaire devra faire attention au risque d'anthropomorphisation, et à la sur-interprétation des données. De même, il devra être vigilant, au vu de l'ordre de grandeur des mesures (de l'ordre du nanoVolt), les signaux peuvent être noyés dans le bruit et donc difficilement exploitables.

Le tuteur, quant à lui, doit donc éveiller l'apprenant à rester critique sur ses interprétations.

## 2.2. Exemples de mesures

Comme son nom l'indique, dans cette partie nous allons présenter un exemple de résultats obtenus, en suivant les étapes établies dans la partie précédente.

Ces mesures serviront de groupe de contrôle, les conditions expérimentales étant neutres.

Nous commençons par résumer les informations principales sur la "Feuille de présentation des résultats" :

Feuille de présentation des résultats					
Contexte de la mesure  <i>(pourquoi la réalise-t-on ? remarque ? Nature de la</i>	Paramètres d'entrée  <i>(qu'observe-t-on ?)</i>	Mode du boîtier des capteurs  <i>(à entourer : Ground Common/Ground séparé)</i>	Position de chaque capteur sur la plante  <i>(où faisons nous la</i>	Date et Heure de la pose de capteur.	Date et Heure de retrait des capteurs.

Plante?)			mesure ?)		
Première pose des capteurs + Mesure durant une période de vacances	Environnement de base : C'est une mesure qui servira de témoin.	[Ground Common] / Ground Séparé  Fréquence de 250Hz	Capteur Bleu : Sur la tige  Noir : Tronc  Rouge : Racine	17h32 le 15/03/2019	18h00 25/03/2019
Bilan conté du jour/semaine(s)					
<p><i>“Matamata pour la première fois, faisait la pose des capteurs sur la plante. Celle-ci se trouvait non loin des prises du réseau 50 Hz. Soudain il “sentit” alors qu’elle n’était pas à sa place : en effet, il se rappelait que les signaux des plantes étaient de l’ordre du millivolt, et donc que les capteurs étaient très sensibles aux perturbations. Matamata décida alors qu’il faudrait faire les prochaines mesures loin des bruits électromagnétiques, pour ne pas qu’elles mesurent d’autres signaux que ceux de la plante.”</i></p>					

### Script et graphique

Après ces mesures d'une semaine, nous avons retiré la carte micro SD afin de lire les données. Cependant, ces dernières étaient encodées en hexadécimal 24 bits (des paquets de 8 fois 6 valeurs, représentant les 8 colonnes, une part canaux d'entrée).

Afin d'afficher ces valeurs, nous avons donc écrit le script Octave suivant, afin de traduire les données encodées sur la carte en hexadécimal 24 bits en décimales exploitables.

```
// Clean
clear all
clc
system("cat /dev/null > dataHex.txt"); //Les fichiers sont mit à 0 octet.
system("cat /dev/null > dataDec.txt");

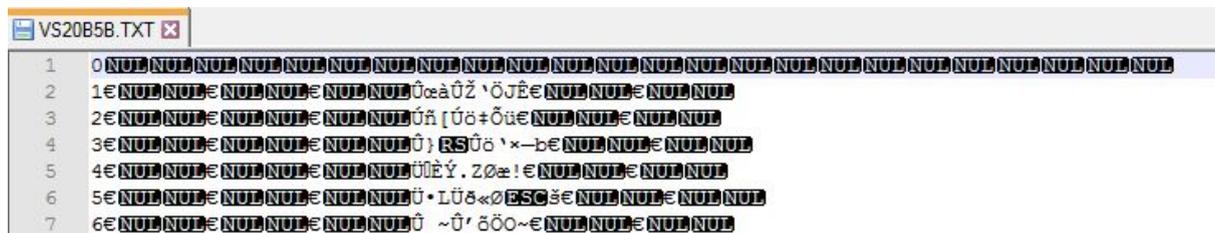
//Conversion Hex to Dec
system("cut -b 2- VS20B5B.txt > dataHex.txt"); //Extraction des données
system("od -Ad -An dataHex.txt > dataDec.txt"); //Conversion "hexadécimal to décimal"
system("cut -c2-7 dataDec.txt > canal_X.txt"); //On sélectionne une colonne, un canal

//Lecture du fichier
fid = fopen("canal_X.txt");
C = textscan(fid,"%d");
fclose(fid);
M = cell2mat(C);
M=dec2hex(M);
M=hex2num(M); //Octave n'accepte que des numériques pour la création de graphique.

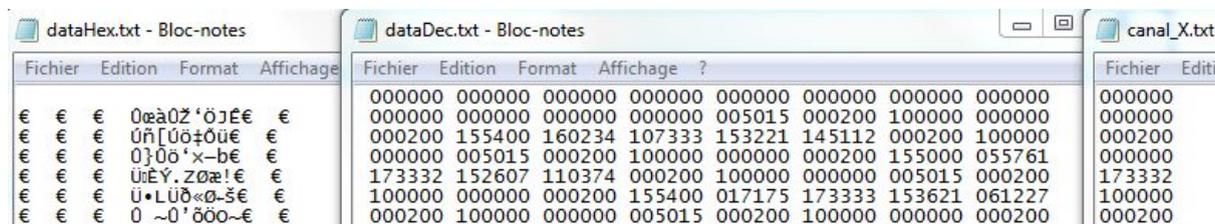
//Affichage Graphique
figure('Name','Première pose des cateur : 15/03/2019" ', 'NumberTitle','off'),clf
semilogy(M) //Les données ayant des ordres de grandeur trop différent nous affichons
//en échelle semilogy, qui reste cepedant difficile
//à exploiter..(voir Figure 1 ci-après)
title('Signal mesurés par le Canal 1 du fichier VS20B5B.txt')
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Signal (mV)')
```

Voici un exemple de données traduites de l'hexadécimale en décimale. C'est un traitement que les stagiaires devront apprendre à faire.

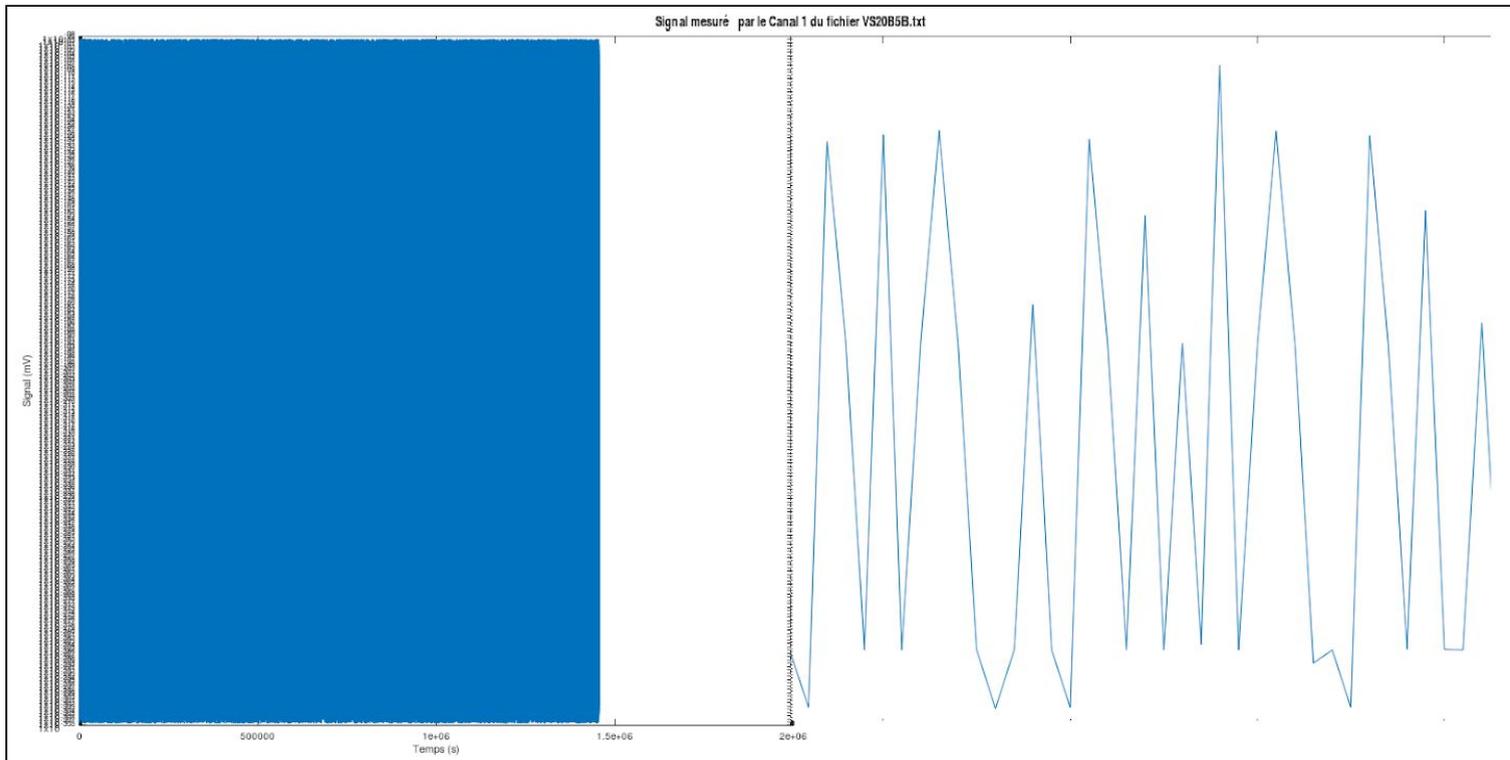
Nous partons du fichier VS20B5B.txt suivant : (ne sont affichées que les premières valeurs)



et nous effectuons les différentes étapes de cette conversion :



En sortie de ce code, le graphique suivant (zoomé ci-contre) a été obtenu :



Comme nous pouvions nous y attendre, ces mesures sur des plantes non ligneuses et dans le contexte d'obtenir des signaux d'un groupe "contrôle", ne sont pas riches en informations. C'est pourquoi nous avons travaillé sur le fichier VSB5B.txt, contenant des valeurs.

**Interprétation et hypothèse pour la prochaine expérience :**

Les données de ce signal ont des ordres de grandeur très différents, nous avons donc affiché la courbe sur une échelle semi Log. Cependant, cette courbe n'en reste pas moins non exploitable, ne connaissant pas la nature du signal que nous mesurons (est-ce vraiment celui de la plante ?), nous ne pouvons pas conclure.

Après en avoir discuté avec notre client, nous pensons que la mesure est fortement entachée par un autre signal, provenant cette fois du réseau environnant de 50Hz.

Notre proposition pour les prochaines mesures est donc d'effectuer un filtrage de cette fréquence 50Hz, ou d'éloigner les capteurs du réseau.

Le conte de la fiche de présentation des résultats, invite à entreprendre cette démarche.

## 3. Pédagogie

### 3.1. Méthodes CCU

#### 3.1.1. Détermination des profils des stagiaires

##### 3.1.1.1. Profils psychologiques

###### Description

Si ce projet semble parler principalement de communication entre hommes et plantes, il ne se base pas moins sur la communication entre les hommes.

Que ce soit pour sensibiliser les différents élèves au travail demandé, communiquer avec eux et même leur faire transmettre leur savoir aux prochains arrivants, la pédagogie va avoir un très grand rôle à jouer dans cette entreprise.

Contexte : Des élèves ayant quitté volontairement le système scolaire

En effet, ce projet est fait en participation avec des élèves en raccrochage scolaire faisant un stage formatif au fablab.

Ces élèves ne sont pas forcément adeptes des méthodes traditionnelles d'apprentissage ni du travail trop scolaire.

Surtout, tous les profils peuvent apparaître : du lycéen en raccrochage à la Master 2 de droit qui cherche à se réorienter.

Travailler avec un groupe si hétérogène nécessitera une approche unique et propre à chacun.

Le travail peut être qualifié d'exploitation en s'opposant à un travail global, car chaque élève représente une donnée non généralisable. Si ce travail ne permet pas de faire des généralisations scientifiques, cela représente tout de même une chance de traiter plus en profondeur le détail avec chacun.

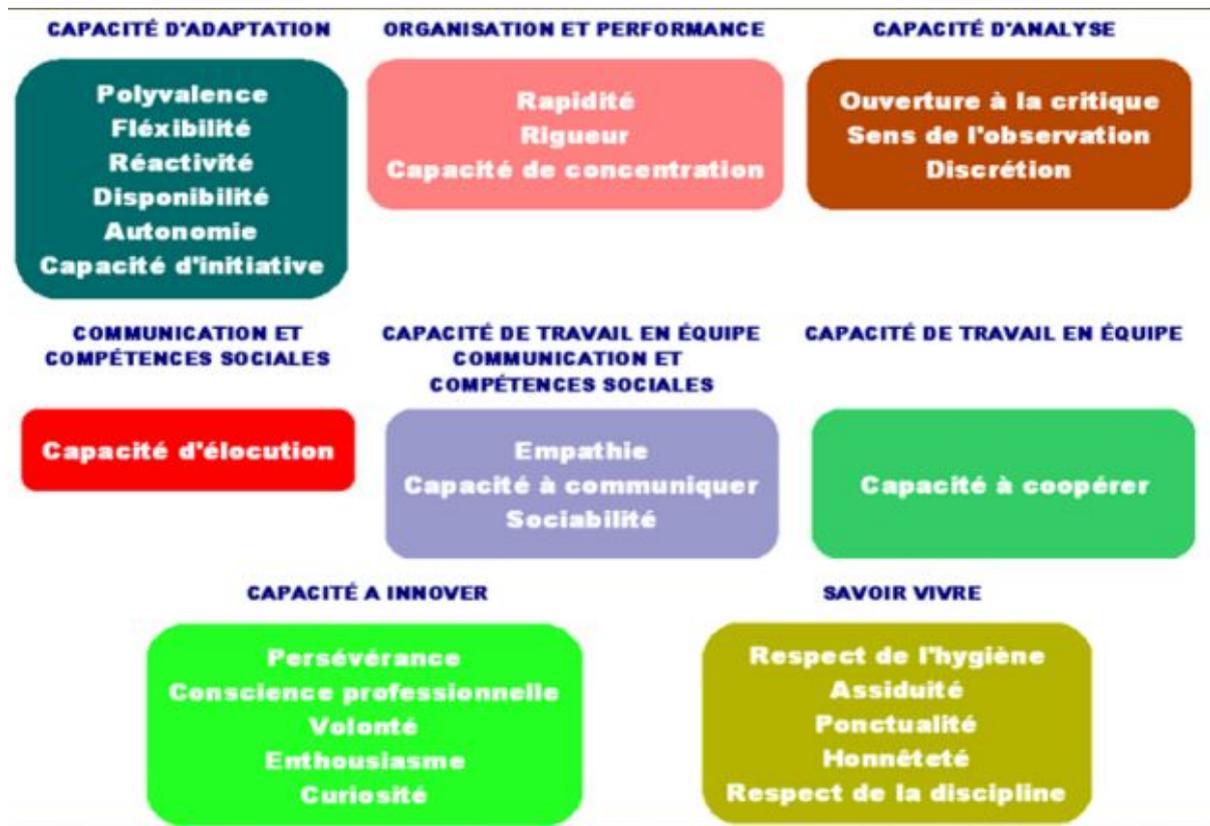
##### 3.1.1.2. Critères personnels

Suite à une demande de notre client, qui souhaitait voir évoluer les stagiaires personnellement au travers du stage, nous avons cherché des critères pouvant rendre compte de cela.

Nous avons pensé à utiliser les profils psychologiques utilisés dans les processus de PNL (Programmation Neuro Linguistique) par exemple, mais cette approche nous a rapidement semblé inadaptée car nous souhaitons depuis le début, comme précisé ci-dessus, considérer les individus sans les mettre dans des "boîtes".

Nous nous sommes donc penchés sur l'étude suivante, qui nous a semblé plus complète et pouvant rendre compte de la réelle complexité des individus. Elle définit divers critères classés dans des catégories que l'on peut identifier comme des capacités.

Ces critères nous ont été présentés par Monsieur Ernest Porras, ancien directeur de l'Irasca.



### 3.1.2. Méthodes de suivi des étudiants

#### 3.1.2.1. Grille d'observation

##### *Observer le travail des stagiaires*

Rappelons que l'objectif principal initial de notre projet était de mettre en évidence une communication entre l'Homme et la plante, et de voir quels effets ce travail pouvait avoir sur l'un ou sur l'autre.

Des recherches avaient effectivement orienté nos réflexions, ayant défini un lien relativement intime entre les deux entités.

Pour rendre compte de ça, nous avons mis en place un processus d'observation, basé sur des méthodes de CCU étudiées au cours de notre premier semestre à l'ENSC. La CCU, ou Conception Centrée Utilisateur, régie par la loi ISO 9241, est un principe selon lequel les utilisateurs doivent intervenir à tout moment du cycle de conception afin que le produit réponde au mieux à leurs attentes. Pour cela, diverses techniques sont possibles telles que les tests utilisateurs, les personae, ou encore l'observation.

C'est la méthode qui nous intéresse ici, et l'intervention ne se fera pas dans une conception de produit mais bien à des fins d'expérimentation scientifique.

Elle peut se faire de deux façons : en suivant le sujet tout au long de la tâche (shadowing) ou en restant observateur fixe à un endroit stratégique (fly-on-the-wall).

Sachant qu'il s'agissait dans notre projet de stagiaires en raccrochage scolaire, ayant des parcours atypiques, et souvent compliqués en terme de relations sociales, nous avons choisi la deuxième option.

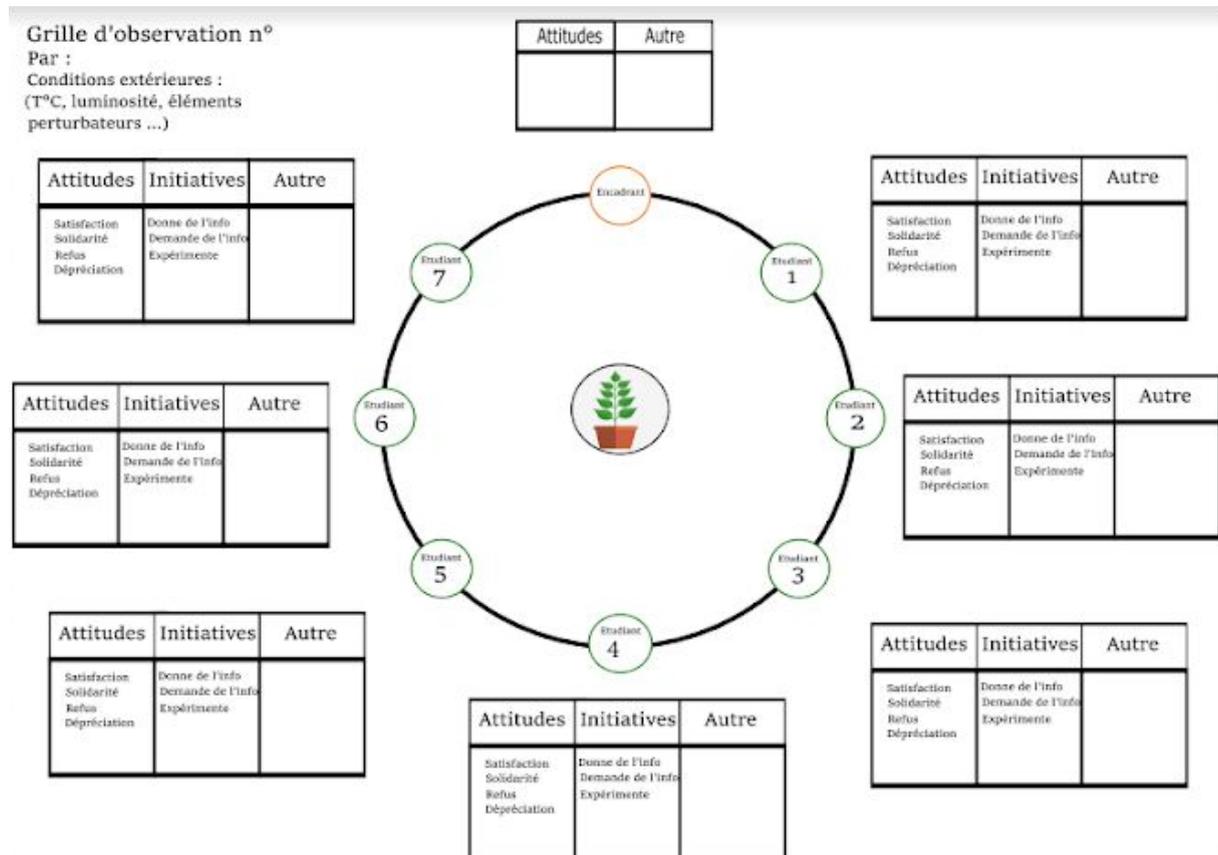
Nous avons par la suite conçu une grille d'observation, qui nous servirait à nous rendre sur le terrain et réaliser une à deux heures d'observation par semaine, lors de l'activité des jeunes sur le projet. Il faudrait alors la pré-tester une fois, éventuellement effectuer quelques modifications, puis réaliser des observations récurrentes.

Elle rend compte de deux critères bien différents : une activité de groupe et une activité individuelle. Pour cela nous avons prévu deux observateurs par séances, chacun concentré sur un point différent. Il serait alors nécessaire de l'imprimer au format A3, ou en deux exemplaires A4, pour faciliter l'observation.

De plus, concernant l'activité de groupe, elle rend compte des interactions entre les stagiaires, avec l'encadrant et également avec la plante.

Notre grille s'inspire de la grille de Bales, qui permet une analyse qualitative du contenu de l'échange, et la grille sociométrique de Moreno, qui met en évidence une analyse quantitative. Ces deux approches combinées nous assurent un relevé complet.

Notre grille est donc la suivante :



À noter qu'il s'agit d'une deuxième version, qui est plus précise que la première car elle donne plus d'indications sur les conditions extérieures et permet à l'observateur de choisir parmi quelques types d'interactions déjà prédéfinis.

L'observateur devra également noter la date et l'heure des observations lors des phases de mesure. L'objectif pour lui est de rendre compte du contexte psychologique et social des individus en portant une attention particulière aux interactions. En effet, ces données seront également relevées lors des mesures prises par l'apprenant (Partie 2.2), et ainsi cette grille pourra être comparée dans un second temps avec les résultats obtenus. Une corrélation pourrait alors être mise en évidence concernant la communication Homme-Plante et les effets bénéfiques ou non sur l'un et l'autre.

La grille a été réalisée avec le logiciel gratuit InkScape conseillé par le client et permettant de produire des images vectorielles.

### 3.1.2.2. Questionnaires et entretiens

#### Questionnaire d'entrée

Avant de commencer leur stage, les étudiants doivent répondre à un questionnaire de YES à leur entrée au fablab. N'ayant pas accès au résultat de ce questionnaire, nous avons constitué notre propre questionnaire d'entrée.

Ce questionnaire va principalement servir à comprendre le contexte de l'étudiant en raccrochage scolaire, il va nous permettre de le cerner un peu mieux ainsi que ses envies vis-à-vis du projet : ce qui le motive. C'est grâce à ce questionnaire d'entrée notamment que nous allons commencer à percevoir dans quelle démarche va s'inscrire l'élève. Certaines fois elle sera essentiellement technique (faire du traitement de signal etc.), d'autres fois plus scientifique (faire des expériences, essayer de démontrer des choses) et d'autres fois encore plus artistique (jamais vu encore) !

Questions	Réponses
Qu'as-tu fait avant d'intégrer le fablab (lycée, études sup, travail, ...) ?	
Quel est ton niveau d'étude ? (bac, licence, ...)	
Quel est ton ressenti vis à vis de cette expérience ?	
Quels étaient tes résultats ?	
Quelle est ton histoire un peu ? (problèmes, détails, ...)	
Pourquoi es-tu ici, est-ce que tu cherches quelque chose en particulier dans le stage ? (précisions sur ce qu'il répond sans insister trop, Ex : "je veux faire de l'informatique")	
Es-tu intéressé par les sujets proposés ici ? Quels types ? (numériques, manuels, humains ...)	
Que penses-tu du projet Com'Plantes (rapide explication : "On veut déterminer s'il y a communication entre les hommes et les plantes. En utilisant notamment des capteurs de tension un peu comme ceux utilisés lors des EEG. On interagit avec la plante et on essaye de voir si la plante répond avec ces capteurs"). Pourquoi ?	
Une de tes qualités, un de tes défauts ?	
Sais-tu ce que tu veux faire après ? As-tu une idée de ce que tu veux faire par la suite, après le stage ?	

### Questionnaire de sortie

Le questionnaire de sortie, lui, va représenter un bilan de l'élève face à son expérience.

Questions	Réponses
1 . Avez-vous apprécié votre collaboration au Racine project ?	
2 . Exprimez votre ressenti vis-à-vis du déroulement de votre stage (vos satisfactions et ce que cela vous a apporté, vos doutes, mauvais points..)	
3 . Voyez-vous des améliorations à faire ? (si oui, lesquelles ?)	
4 . Nous allons maintenant vous demander votre bilan sous forme de conte en continuant l'histoire créée lors de votre entrée dans le projet. Ce bilan doit comporter votre ressenti comme votre travail, en fin de compte votre approche personnelle du projet.	

### 3.1.2.3. Suivi des étudiants après le stage

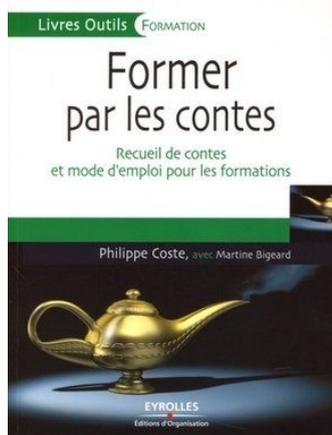
#### Méthode de suivi

Le suivi des étudiants se fait avec le questionnaire de sortie. Il est recommandé d'attendre une semaine ou deux avant d'envoyer le questionnaire à l'élève. De cette façon, il aura plus de recul sur son expérience et son apport au projet.

#### Interprétation des résultats

Le retour d'expérience de l'élève permet potentiellement d'améliorer leur prise en charge et les enseignements à leur apporter. L'expérience et le ressenti de l'élève permettront de situer les défauts du développement du projet.

## 3.2. Les Contes



Le client du projet nous a demandé d'utiliser une méthode de pédagogie par les contes.

Notre objectif est de rapporter l'intérêt des contes dans notre démarche et de concrétiser celle-ci. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur le livre "Former par les contes" de Philippe Coste et Martine Bigeard.

### 3.2.1. Méthodologie Générale

#### Pourquoi former avec les contes?

La première question que nous pouvons nous poser serait bien entendu, "en quoi les contes sont pertinents dans notre cas ?". Il faut savoir qu'un conte, c'est "une histoire porteuse de sens et racontée par quelqu'un". C'est donc plus qu'une simple histoire, il éveille et sensibilise à des nouvelles problématique, il séduit par sa simplicité mais aussi par l'univers où il plonge à la fois l'auditoire et le conteur, il enseigne les messages qu'il passe, et surtout il est universel.

De nombreuses personnes utilisent le conte pour transmettre des notions importantes et donner envie d'en apprendre plus, par exemple Hubert Reeves avec l'astrophysique, (<https://www.futura-sciences.com/sciences/personnalites/univers-hubert-reeves-412/>), ou encore Frédéric Lodéon avec la musique classique. C'est même devenu une technique de management aux USA, appelée le storytelling.

Le pouvoir du conte, c'est qu'il utilise une approche symbolique, ce qui est très utile en pédagogie car cela permet de communiquer plus facilement l'essence des choses, qui trouve sa base, par nature, au niveau du ressenti et ne peut, dans un sens, se transmettre par les mots. Cette approche permet aussi d'ouvrir le champ de réflexion dans la profondeur et la durée, puisque le conte a un effet de résonance, c'est à dire, qu'après avoir été entendu, il reste dans un coin de la tête et nous amène à repenser à lui longtemps après l'avoir entendu.

Cet effet de résonance peut être amplifié en ouvrant la conversation après que le conte ait été partagé. En effet, il est possible de pousser plus loin la réflexion en laissant les gens

partager leurs ressentis et leurs interprétations, quels que soient leurs niveaux de pertinence. Le pouvoir du conte est aussi d'être dans le partage et la réflexion. Ce "pouvoir" est d'autant plus important dans un projet tel que le nôtre, où nous cherchons à communiquer avec des personnes en décrochage scolaire, décrochage souvent synonyme de solitude est de méfiance envers le "groupe". Cette communication peut permettre à ces étudiants de se raccrocher au groupe et réapprendre à communiquer.

Une autre raison de nous pencher sur le conte est son côté visuel puisque, pour citer Philippe Coste, il "véhicule des images pour ouvrir la réflexion sur les concepts", "le conte est une parole dessinée". C'est ce qui lui donne son universalité, car il permet un accès rapide et facile à l'information contenue.

Finalement, le conte a de nombreux avantages, non forcément évoqués précédemment :

- il met dans des conditions propices à la réception du message
- il motive et est attractif car évoque le rêve et l'émotion
- il est court
- il est complémentaire à d'autres méthodes d'apprentissage
- il est variable
- il peut être passé tant à l'écrit qu'à l'oral
- il en existe une source inépuisable

### Méthode ?

Un conte est bien sûr quelque chose de personnel que le conteur doit s'approprier, mais comme pour tout, il est parfois utile d'avoir une méthode d'approche. Nous avons donc retranscrit les conseils de Philippe Coste :

Sa méthode passe par la recherche des réponses à ces questions :

- Quel conte choisir et comment faire ce choix ?
- À quel moment utiliser un conte ?
- Comment introduire le conte ?
- Comment le conclure ?
- Comment bien exploiter votre séquence conte ?
- Combien de contes utiliser ?

### Quel conte ?

Le conte dépend du thème, du contexte et du temps disponible (exemples de contes: fiches pratiques à la fin du livre). Le conte a un titre, des domaines, un sujet, un type (soit il est d'ouverture soit de conclusion, soit les deux), un univers (un contexte), une durée, des commentaires et une narration.

### Quand ?

Cela dépend de votre ressenti. On peut le placer au début (conte d'ouverture) ou à la fin (conte de conclusion) d'une notion, ce qui va amener au groupe des réflexions différentes et donner au conteur des élans différents pour la suite des "festivités". Ainsi, le conte d'ouverture va sensibiliser à ce qui va être dit, c'est un tremplin pour le conteur qui va pouvoir l'utiliser pour lancer une nouvelle partie de son séminaire. De son côté, le conte de conclusion va élargir le champ de réflexion, il marquera les esprits, et ajoutera de la profondeur à votre conférence (certaines choses sont trop profondes pour être dites, elle doivent être ressenties, et c'est pour ça que le conte est là).

Dans le cas de notre projet, le conte pourrait permettre un échange entre les participants et transmettre une partie des informations au début d'un nouveau stage.

### L'exploiter correctement?

Pour pouvoir donner toute sa puissance au conte, il est important de bien l'exploiter. Et tout comme les deux types de contes apportent des avantages différents, la préparation, elle aussi diffère.

En début de séquence :

- Avant de conter :
  - annoncer le conte
  - créer une ambiance propice
  - expliquer la pédagogie derrière
  - Inviter à écouter attentivement
  - introduire le récit (seulement si vous le voulez)
- Pendant :
  - conseil : lire le conte en étant soi-même et en le vivant
- Après :
  - quitter en douceur l'atmosphère du conte
  - inviter à la réflexion (en les faisant écrire leurs premières idées sur des post-it par exemple, en répondant à une/plusieurs question(s) en lien avec le conte, cette question doit être plus ou moins ouverte en fonction du niveau de symbolisme du conte)
  - examiner les réponses
  - passer à la suite du programme après que tout le monde ait pu s'exprimer
  - penser à rappeler le conte dans la suite

En fin de séquence :

- Avant :
  - résumer ce qui a été vu
  - annoncer le conte
  - créer une ambiance propice
  - inviter à écouter attentivement
  - introduire le récit (si voulu. ATTENTION, ne pas introduire le thème, laisser les participants vierges de tout a priori, ne pas non plus expliquer la pédagogie)

- Pendant : Tout comme pour les contes d'ouverture : "lire le conte en étant soi-même et le vivant"
- Après :
  - ne pas commenter ou résumer
  - laisser le silence
  - remettre le conte écrit (si vous le souhaitez) aux participants
  - passer à la suite.

#### CONSIGNES IMPORTANTES :

- Laisser un participant parler après un conte de fin s'il le souhaite, mais ne pas rentrer dans des débats (ne pas apporter de réponses, cela les poussera à continuer la réflexion).
- Ne pas trancher les oppositions d'interprétation des contes d'ouverture, tout le monde est libre de son interprétation, aucune n'est meilleure.
- On peut animer un débat sur un conte de conclusion le lendemain dans le cas d'un séminaire durant suffisamment de temps, cela aura permis de bonnes réflexions personnelles.
- Ne pas aller au delà de 2 contes par jour (1 ouverture et 1 fermeture).

#### Des talents de conteur ?

Une chose qui pourrait freiner l'utilisation d'un conte serait tout simplement la peur de ne savoir le conter. Mais pas de soucis de ce côté, tout le monde est naturellement un conteur, dans le quotidien nous passons notre temps à immerger les autres dans nos récits. De plus, on peut travailler pour en devenir un meilleur. Cette pratique est un pilier de l'amélioration des talents, et permet de nous sentir "conteur".

Il y a un plaisir "addictif" à raconter, à être écouté, à créer un lien avec l'auditoire et avec ce que l'on raconte. En effet, conter nécessite de la simplicité et surtout de la sincérité car le texte se porte tout seul mais seulement si l'on croit en ce qu'il raconte. Ce qui pourrait être très bénéfique à des personnes réservées.

Le livre donne des conseils pour être un meilleur conteur :

- Utiliser la respiration ventrale et maîtriser son souffle
- Garder sa voix et ses gestes
- Articuler (parler lentement)
- Être confortablement installé
- Faire attention au regard: préparer le conte pour ne pas l'avoir trop fixé à la feuille et lever les yeux pour regarder le public en sachant suffisamment la suite
- Souligner la fin (avec naturel)

- Vivre les personnages, les lieux, les émotions...
- Lire le conte à l'audience plutôt que leur faire lire sur du papier (sauf vraie bonne raison).

Préparation type (préparation qui est très importante) :

- Lire le texte seul dans le calme plusieurs fois puis laisser reposer
- Lire le texte à voix haute (assis) simplement, sans effets une première fois puis laisser les émotions venir au fur et à mesure des relectures.
- (Si désir de le raconter sans texte: → l'apprendre)
- Lire à voix haute et debout
- Simuler la lecture devant le public (au moins 3 fois)
- Lire devant des "cobayes" (deux fois s'ils en ont la bonté).

L'auteur du livre "Former par les contes" a mis en place ce qu'il appelle "le solfège du conteur", il s'agit d'une aide. Son utilisation n'est en aucun cas obligatoire. Il s'agit d'un "ensemble [non exhaustif] de signes simples qui s'ajoutent au texte, mettant en évidence des mots, des groupes de mots ou des intervalles entre les mots". Ces aides se concentrent sur le ton, le rythme et le débit :

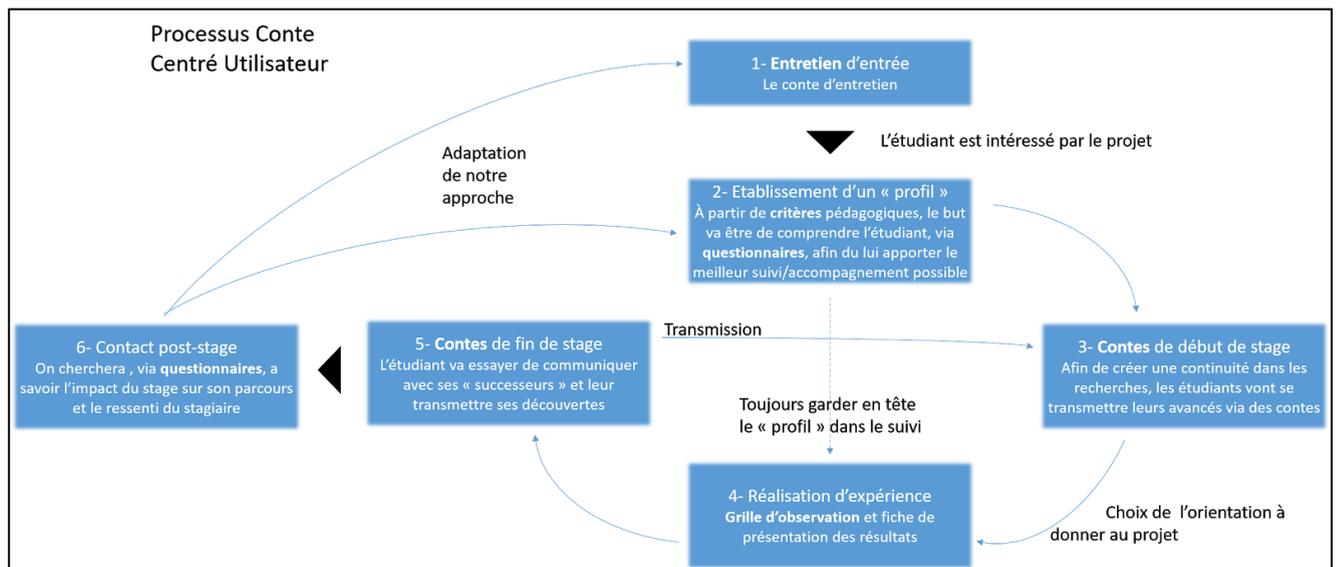
- Respiration (/) → pause légère
- Silence (//) → faire silence (le temps d'une respiration)
- Grand silence (///) → silence prolongé
- Appui (souligner) → mettre l'accent sur le mot/ensemble de mots
- Accélération (encadrer le mot ou le groupe de mots de +) → parole avec débit rapide
- Ralentissement (encadrer le mot ou le groupe de mots de -) → inverse d'"accélération"
- Montée (encadrer le mot ou le groupe de mots de <>) → monter dans les aigus au fur et à mesure de la lecture
- Descente (encadrer le mot ou le groupe de mots de ><) → décroître vers les tonalités basses au fur et à mesure de la lecture
- Serrage (encadrer le mot ou le groupe de mots de (()) ) → prononcer en resserrant les espaces entre les mots

Avant de conter :

- Préparation physique :
  - Échauffer les lèvres, la mâchoire, les joues, les cordes vocales
  - Boire
- Préparation du matériel :
  - Texte aéré
  - Taille de police confortable
  - Ne pas mettre de changement de page en pleine phrase
- Anticiper vos "ennemis" :
  - Le trou → ne pas paniquer et assumer

- Les perturbations → ne pas faire cas du dérangement (ou si vraiment dérangement, régler le problème et reprendre)
- Soi-même → tenter un maximum de suivre les conseils du livre

### 3.2.2. Adaptation de la méthode dans le cadre du “Projet Racine”



“Processus CCU”

Le client de notre projet transdisciplinaire nous a demandé d'utiliser les contes pour la transmission des travaux des stagiaires. En effet, un conte peut aider à transmettre de manière simple et compréhensible des concepts scientifiques complexes : il servirait à rendre le projet accessible au grand public.

L'idée est de demander aux stagiaires de conter eux-mêmes leurs recherches et leurs résultats, en adaptant des contes existants ou en écrivant de petites histoires très simples. La transmission se ferait en boucles : lors du départ d'un stagiaire et de l'arrivée d'un autre, le stagiaire partant contenait l'état de ses travaux et du projet à celui qui arrive. Nous pensons que l'équipe de l'ENSC de l'année prochaine pourrait écrire le premier conte, afin de donner un exemple aux stagiaires et de lancer la boucle.

Voyant que les premières tentatives de recrutement étaient peu efficaces (les stagiaires ayant le choix entre de nombreux projets, peu sont intéressés par le nôtre), nous avons pensé qu'il serait également possible d'utiliser ce premier conte lors du processus de recrutement, afin de leur donner envie de se lancer dans l'aventure.

Revenons sur le questionnaire de sortie. Ce dernier était en réalité une amorce à la conclusion du stage par un conte, initié lors de l'entretien d'entrée, raconté par l'apprenant.

Le conte est une méthode que nous avons adoptée dans un premier temps pour vulgariser l'aspect technique de la communication homme/plante, et dans un second temps afin que le stagiaire s'approprie son expérience à travers une histoire créée par lui-même.

Le conte va permettre de transmettre des informations que l'élève n'aurait peut-être pas transmis lui-même ou n'aurait pas su transmettre lui-même.

En tout, quatre contes seront produits par le stagiaire au cours de l'expérience. Ces quatre contes se séparent en deux catégories :

1. Les contes personnels :

Il y aura en premier le conte créé lors de l'entretien d'entrée. Ce conte créé par l'élève est donc un récit fictif dans lequel il s'introduit à son expérience. Ce récit va nous permettre de déterminer les paramètres personnels d'évaluation de l'élève.

Ensuite, il y aura à la toute fin du séjour de l'élève au sein de notre projet, un conte d'entretien de sortie. Dans celui-ci l'élève racontera à sa manière à travers son récit ce qu'il a fait jusqu'ici et réalisera par ce biais un bilan de son expérience.

Entre ces deux contes, l'élève sera amené de façon hebdomadaire à continuer son conte afin de l'enrichir sans oublier quoi que ce soit. Le conte de sortie représente la conclusion et la clôture du projet pour l'élève. Pour nous, il représente le compte-rendu de l'élève.

2. Les contes collectifs :

En faisant des contes collectifs, les stagiaires devraient davantage s'investir dans le projet et réaliser le potentiel qu'ils ont les uns par rapport aux autres, ainsi que par rapport à d'autres personnes.

Arrive en premier le conte d'immersion. Ce conte est fait pour introduire et sensibiliser les stagiaires au projet. Il les amène à réfléchir sur des pistes ainsi qu'à voir le projet différemment, plus comme une aventure qu'un projet purement scolaire.

Ensuite vient le conte de clôture, qui lui va amener à un questionnement. Ce conte de clôture pourrait aussi être nommé conte d'ouverture, car il va remettre en question certaines parties du projet et ouvrir sur des actions à mener qui auraient pu être intéressantes pour l'élève ou pour d'autres futurs élèves. Il va nous permettre de penser le projet différemment après chaque élève afin de l'adapter au mieux à tous.