



CONSERVATORIO DI MUSICA

LUIGI CHERUBINI
F I R E N Z E

DIPLOMA ACCADEMICO DI II LIVELLO
in
MUSICA E NUOVE TECNOLOGIE

Suonare con le piante

tra musica auto generativa e performance estemporanea

Relatore
Prof. Marco Ligabue

Laureando
Edwin Lucchesi

Anno Accademico
2017/2018

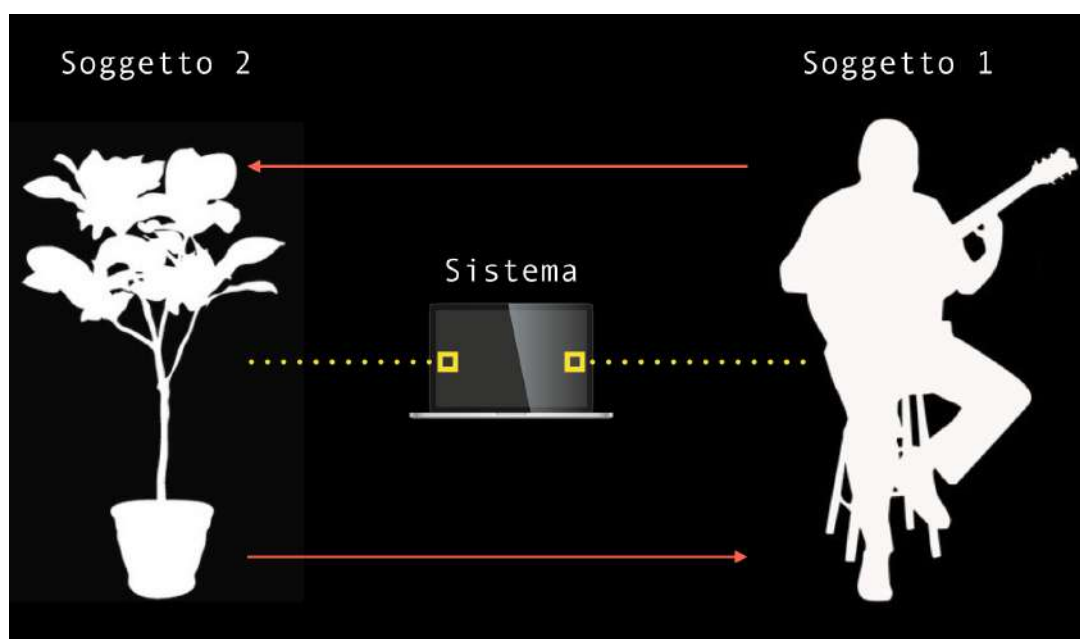
edwinlucchesi.com

Prefazione

Scrivo questa prefazione a distanza di 3 anni dalla stesura di questa tesi, lo stesso arco temporale trascorso da quando scrissi l'introduzione dei miei primi percorsi accademici. Da quel periodo molte cose sono accadute, sia artisticamente che socialmente, tra riflessioni di una pandemia che ci ha reso più fragili in un pianeta che ha risposto in modo sempre più drammatico alle conseguenze di un pensiero antropocentrico, tra tecnologie che strizzano sempre più l'occhio al metaverso e alle realtà aumentate fatte di informazioni visive sempre più pervasive. Questo lavoro di Live Electronics con le piante¹, che realizzai nel 2018, ha assunto per tutti questi motivi una nuova consapevolezza che cercherò in parte di evidenziare.

All'epoca, seguendo con particolare interesse le esibizioni di Live Electronics, non era raro sentirsi chiedere quale fosse il ruolo del musicista dietro al computer. Meno raro era sentir giudicare lo strumentista, che con la sua gestualità sullo strumento restituiva in modo diretto un'azione sonora rispetto agli innumerevoli algoritmi nascosti nella scatola nera di un computer. L'impressione era che chi stava dietro un computer fosse un'entità quasi statica, fatta di micro movimenti gestuali atti a muovere controller e pulsanti al fine di ottenere suoni non prevedibili e non sempre consequenziali all'azione applicata.

Questa prima osservazione fece scattare in me l'idea di sostituire una persona con un altro organismo vivente la cui staticità gestuale fosse caratterizzante per i ritmi visivi umani, un organismo biologicamente considerato sessile, ancorato nel luogo in cui vive: una pianta. Inoltre, interessato come chitarrista a sviluppare le mie capacità di improvvisazione strumentale attraverso le tecnologie e i dati randomici, trovai nella formula del Live Electronics la soluzione ideale per poter operare con la pianta in un sistema condiviso:



¹ <https://edwinlucchesi.bandcamp.com/album/live-electronics-with-the-plant>

Il mio interesse tuttavia non si limitava soltanto a realizzare degli algoritmi che mi permettessero di far generare alla pianta dei suoni o di controllare il timbro del mio strumento in tempo reale - elevandola di fatto da tutti quei lavori in cui un organismo vegetale era trattato principalmente come uno strumento musicale², un oggetto sonoro privo di vita, un "oggetto performativo" al pari di un animale da palcoscenico - ero interessato a realizzare un lavoro che potesse esprimere una piccola storia fatta di gesti sonori atti a suscitare un'empatia maggiore verso di noi e verso questi organismi viventi. Un racconto sonoro diviso in 3 scene, all'interno delle quali cercavo di avere la sensibilità di una pianta con la mente di un essere umano.

Per fare un esempio concreto, nella scena 1 ho inserito dei suoni violenti, immaginandomi come piante in mezzo ad un centro urbano fatto di suoni densi e caotici. Nella scena 2 un paesaggio rarefatto in cui le piante generano e producono suoni dei quali ci mettiamo in ascolto. Nella scena 3 si tenta un dialogo con intervalli per noi orecchiabili ma non per questo significativi per tutti quegli organismi viventi, come le piante, che hanno una storia evolutiva più lunga rispetto ai secoli attraversati dalle regole collaudate della musica occidentale.

Successivamente alla tesi ho avuto modo di esibirmi³ con questo lavoro, confrontandomi con il pubblico e con i colleghi, presentandolo come argomento di ricerca al conservatorio Luigi Cherubini di Firenze, al conservatorio Giuseppe Verdi di Milano e all'Orpheus Institute di Ghent.

La domanda che capitava spesso da tutti coloro che osservavano e ascoltavano questo lavoro era se effettivamente ci fosse un'interazione tra me e la pianta, se in quelle due linee rosse rappresentata **nell'immagine** ci fosse un feedback di natura "cognitiva" da parte dell'organismo vivente rispetto all'input musicale.

Questa domanda era ulteriormente avvalorata dal fatto che gli altri non riuscissero a vedere o a capire bene cosa la pianta facesse in realtà, ponendo le stesse identiche problematiche del musicista dietro al computer. Inoltre, in tutte queste circostanze, notavo una forte accentuazione visiva e attenzione sull'organismo. Provando ad integrare alle mie prime esibizioni una proiezione dei bio dati in tempo reale della pianta⁴, mi resi molto presto conto che in realtà tutto ciò evidenziava più che mai il problema alla base di tutte queste domande.

Il problema principale è che siamo inconsciamente abituati ad avere un'aspettativa visiva per qualsiasi cosa e "*le immagini sono buone per confondere le idee, non per chiarirle*"⁵.

Qualcuno potrebbe a questo punto chiedersi che differenza ci possa essere se metto al posto della pianta una persona, le attacco dei bio sensori e le chiedo di rimanere immobile come una pianta.

² <https://www.youtube.com/watch?v=oC7t35Jv9ul>

³ <https://www.youtube.com/watch?v=sM61IZvMI4>

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=HfCRnrT38EA>

⁵ PLATONE, de Repubblica

Non si otterrebbe la stessa cosa? Certo, in parte sì, alla fine di tutto è il computer o il sistema che elabora informazioni e restituisce informazioni. I limiti sono di natura compositiva, legati alla modalità di gestione di queste informazioni attraverso gli algoritmi, al pari di un compositore che deve decidere come organizzare i suoni attraverso una partitura scritta o multimediale e lasciare che l'esecutore si muova entro certi limiti all'interno di essa.

L'obiettivo principale che cercavo di raggiungere era sentire ciò che avveniva suonando: Non volevo che il mio suonare si limitasse al produrre o generare suoni, ma che mi portasse a protendere le orecchie verso l'altro e nel silenzio degli spazi entrare in empatia senza dover proferire parola.

L'interazione reale che ho personalmente considerato in questo lavoro è che, sia io che la pianta, condividiamo lo stesso sistema e le stesse pressioni ambientali che ci circondano nel momento della performance. L'interazione non è diretta, non mi metterei di certo a toccare la testa o a versare acqua al collega che suona dietro il computer per generare in lui una risposta di qualche tipo. Ma gli lascio spazio, dialogo attraverso questa estensione in modo più empatico.

Alla fine cosa cambia se al posto di un computer, di un sistema digitale o elettronico, sostituiamo questo sistema al pianeta che condividiamo con l'altro essere vivente, senza necessariamente essere capaci di comunicare con lui in modo diretto? Tutto viene filtrato a seconda del sistema di riferimento e dobbiamo essere coscienti di questo oggi più che mai.

Con la speranza che possa essere sia spunto di riflessione sui principi che legano organismi viventi e sistemi digitali, sia ispirazione per chi vorrà affrontare queste tematiche in ambito musicale, ho deciso di rendere pubblica questa tesi così come l'ho scritta 3 anni fa, motivato dalle ricerche artistiche di altri colleghi⁶ i quali mi hanno fatto credere più che mai nella validità di questo lavoro.

Edwin Lucchesi

Novembre 2021

⁶ <http://www.theoryofpaul.net/plants/>

Introduzione	1
 Capitolo 1 : Pianeta Verde	
1.1 Prospettive da Antropocene	3
1.2 La création du monde	5
1.3 Parenti all'origine	6
1.4 La comunicazione delle piante	9
 Capitolo 2 : Quello che una pianta sa	
2.1 La vista	13
2.2 L'olfatto	15
2.3 Il gusto	17
2.4 Il tatto	18
2.5 L'udito	21
2.6 Altri sensi	25
 Capitolo 3 : Indagini sul campo	
3.1 Visualizzazione dei dati raccolti	26
3.2 Test sulle piante	32
3.2.1 Aspidistra	32
3.2.2 Alloro giapponese	40
3.2.3 Echeveria agavoides	42
3.2.4 Opuntia	43
3.2.5 Echinocactus	44
 Capitolo 4 : La performance	
4.1 Gestione e sonificazione dei dati	45
4.2 Strumentazione utilizzata	50
4.3 Sviluppo formale	51
4.3.1 Scena 1	52
4.3.2 Scena 2	54
4.3.3 Scena 3	58
4.4 Conclusioni	60

Mappa Grafica	61
Bibliografia	62
Sitografia	64

Questa tesi è frutto di una ricerca artistica personale tuttora in evoluzione, cominciata 3 anni fa sul finire del triennio in chitarra classica. Da quegli anni ho cominciato ad avvicinarmi sempre più alla musica contemporanea del '900, cercando nuove formule e tecniche esecutive per arricchire il mio bagaglio culturale come performer sulla chitarra elettrica.

L'analisi e il mio avvicinamento a questo tipo di letteratura mi ha portato così a realizzare una tesi su Giacinto Scelsi e la sua composizione *Ko-Tha, trois danses de Shiva, pour guitare traitée comme instrument de percussion*, in cui ogni parametro musicale tradizionale, che era per me conosciuto fino ad allora, veniva a dissolversi totalmente trattando la chitarra come uno strumento prevalentemente a percussione espanso dal suo habitat naturale.⁷⁸

Da questa ricerca infatti ho trovato l'anello di congiunzione che legava tutto il repertorio studiato fino ad allora con i costanti interessi che avevo invece per la chitarra elettrica, con la quale eseguivo parallelamente ai miei studi accademici le mie composizioni e le mie personali performance, aprendomi sempre più positivamente a contesti artistici eterogenei come la danza, il teatro, la pittura e la letteratura, piuttosto che come esecutore di un repertorio prevalentemente classico.

Da quel momento ho compreso sempre più l'importanza di comprendere la natura del suono, rispetto alle molteplici forme o stili da cui ogni autore e compositore di ogni epoca ha estratto per realizzare le proprie opere artistiche.

Non è stato così un caso che ho trovato nel biennio di Musica e Nuove Tecnologie una naturale evoluzione di queste prospettive ideologiche, in cui ho avuto modo di affinare le mie capacità di ascolto e di analisi avvicinandomi molto alla scrittura di autori come Fausto Romitelli, Gérard Grisey, Tristan Murail e Hugues Dufourt che per chitarra elettrica avevano scritto qualcosa, figli di una generazione che li ha fatti vivere un contesto musicale e sociale affine a queste sonorità.

In questa attuale società liquida, dove molte situazioni accadono così rapide da essere altrettanto facilmente dimenticate, ho trovato di riflesso un senso al mio interesse nell'eseguire musica estemporanea che trovava ulteriore conferma in queste parole sulla mia idea di improvvisazione:

«Nel 1968 ho incontrato Steve Lacy per la strada a Roma. Ho tirato fuori il mio registratore a cassette portatile e gli ho chiesto di descrivere in quindici secondi la differenza tra composizione e improvvisazione. Mi ha risposto: "In quindici secondi la differenza tra composizione e improvvisazione è che nella composizione hai tutto il tempo che vuoi per decidere cosa dire in quindici secondi, mentre nell'improvvisazione hai quindici secondi". La sua risposta era durata esattamente quindici secondi ed è ancora la migliore formulazione del problema che io conosca»⁹

⁷ <http://www.musicaelettronica.it/ko-tha-giacinto-scelsi-viaggio-visionaria-opera-chitarra/>

⁸ https://www.academia.edu/36794178/La_figura_e_la_poetica_di_Giacinto_Scelsi.pdf

⁹ DEREK BAILEY, *Improvvisazione*, sulla natura e pratica in musica, Edizioni ETS, 2010, pag. 193

Questa capacità di sapersi esprimere in poco tempo mi ha portato anche a riflettere sul fatto che le tecnologie oltre ad accelerare il processo creativo favoriscono l'avvicinamento tra le diverse arti e scienze creando dei ponti per poter comunicare tra loro, come per esempio la danza con la visual art o la musica stessa manipolata con il data mining o i sensori.

Nel mio caso, in questa tesi, ho voluto indagare il mondo biologico delle piante, cercando di estrapolare dati e informazioni che potessero dal mio punto di vista risultare utili ed interessanti per lo sviluppo di una performance live a metà strada tra un'installazione musicale auto generativa ed un live elettronica gestito dalla pianta stessa.

Nella prima parte presenterò una serie di informazioni scientifiche legate al mondo delle piante, facendo riferimento principalmente ai saggi pubblicati da Stefano Mancuso¹⁰ e Daniel Chamovitz¹¹ per rappresentare e comprendere le capacità e le funzioni che le piante hanno. Ritenendo interessanti riproporli in questa ottica musicale, così da poterci meglio avvicinare al mondo vegetale per estrapolare dati per la manipolazione e la generazione dei suoni.

Nella seconda parte invece proverò a documentare i dati acquisiti tenendo conto di questi riferimenti scientifici e provando, nel limite delle mie possibilità tecnologiche, ad applicare un piccolo confronto. Infine presenterò il mio approccio compositivo nella realizzazione di una performance musicale con questi dati ottenuti.

Verranno presentati anche i software e gli strumenti tecnologici che ho utilizzato cercando di avvicinarmi, per quanto possibile, ad una performance non molto dissimile ad un Live Electronics dove al posto di una persona, che manipola o produce i suoni interagendo con un esecutore, vi sono degli esseri considerati apparentemente "vegetali".

¹⁰ <http://www.liniv.org/>

¹¹ <https://www.danielchamovitz.com/>

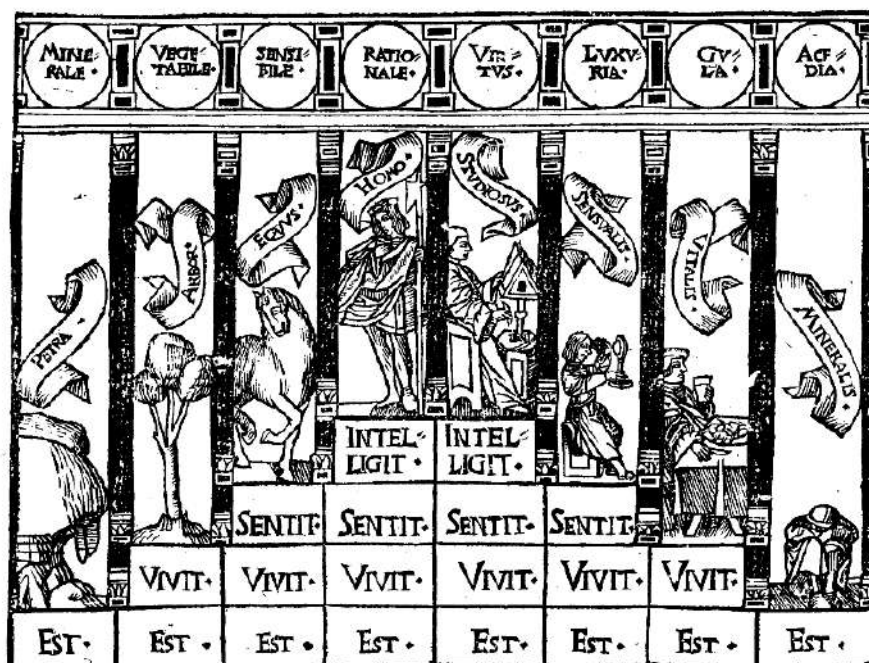
Capitolo 1 : Pianeta verde

1.1 Prospettive da Antropocene

L'uomo dagli albori della propria civiltà ha sempre considerato se stesso come un essere privilegiato di fronte a tutti gli esseri viventi, ponendo il proprio essere e intelletto al centro e al di sopra di tutto ciò che accade nel pianeta terrestre. Questa attenzione così fissa sull'uomo ha portato dagli anni 2000 a considerare che l'epoca geologica dell'Olocene si sia trasformata nell'Antropocene¹², dove l'essere umano ha un impatto rilevante sulle modifiche territoriali, strutturali e climatiche del pianeta Terra.¹³

Per quanto si è voluto dimostrare la nostra primazia intellettuale, abbiamo subito negli anni diverse smentite: Basti pensare alla rivoluzione copernicana che abbandonò il sistema geocentrico con quello eliocentrico, riconoscendo di vivere su un pianeta insignificante di una galassia marginale dell'universo, fino a riconoscere la nostra somiglianza con gli altri animali e addirittura la nostra origine da alcuni di essi illudendoci di credere di essere l'unica specie dotata di linguaggio, regole sintattiche e capace di usare strumenti.

In tutto questo tempo non abbiamo mai smesso di credere che le piante fossero semplici oggetti inanimati privi di intelletto o di capacità virtuose. Un modo di pensare che non differisce molto da quello presente in questa caratteristica figura del 1509:



1.1 La "Piramide dei viventi" di Charles de Bovelles tratta dal **Liber de sapiente** (1509)

¹² Il termine deriva dal greco *anthropos*, che significa uomo

¹³ PAUL CRUTZEN, *Benvenuti nell'Antropocene*. L'uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era, Mondadori, 2005

Da questa immagine possiamo notare come le piante siano viste come esseri viventi prive di senso ed intelligenza, caratteristiche proprie rispettivamente degli animali e degli uomini. In realtà le piante sono ben oltre quello che si può intendere da questa scala gerarchica come vedremo nei paragrafi successivi. In tutto ciò Stefano Mancuso ci fa acutamente notare:

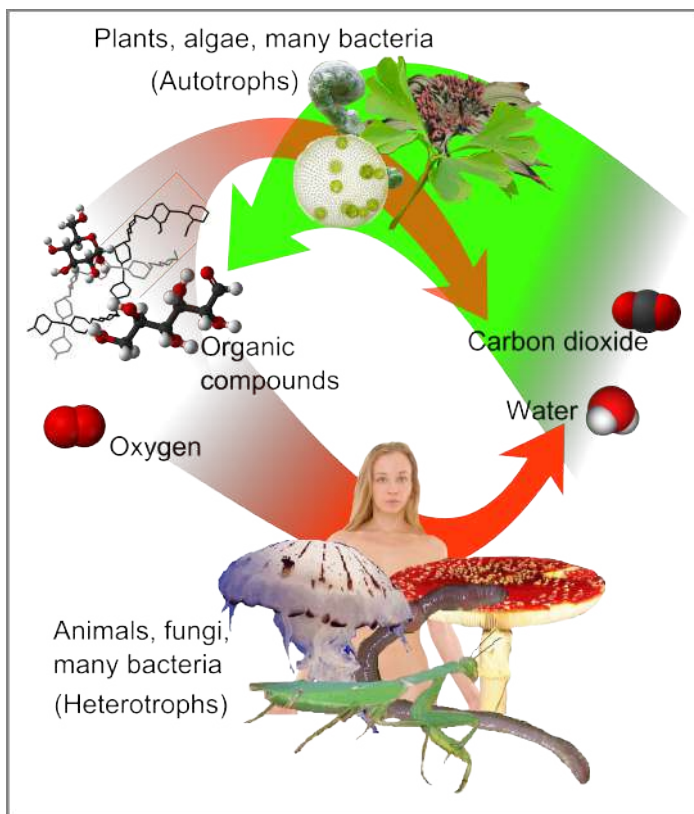
«Il regno vegetale rappresenta da solo oltre il 99,5 per cento della biomassa del Pianeta (...) Rovesciando la prospettiva, diciamo che di tutto ciò che ha vita, gli animali — esseri umani compresi — rappresentano soltanto delle tracce (un misero 0,1-0,5 per cento)»¹⁴

Basterebbero questi dati a dimostrare che le piante sono la specie dominante che meglio si è adattata in questo pianeta, grazie alle loro capacità nel risolvere i problemi dettati dalle varie pressioni ambientali in cui si sono evolute durante i millenni.

Un altro fattore importante che ci impedisce di riconoscere le piante per quello che sono — ovvero organismi sociali, sofisticati ed evoluti quanto noi — è quello di natura temporale. I batteri possono vivere fino a 20 minuti, una farfalla fino a 12 ore, una pulce d'acqua 1 settimana, i roditori mediamente 2 anni, un gatto 15 anni, un cavallo può arrivare a superare i 20 anni, la vita media di un essere umano attorno agli 80 anni, uccelli come gufi, pappagalli e falchi fino a 100 anni, gli elefanti, le balene e altri grandi mammiferi possono superare il secolo, le tartarughe giganti delle Galapagos possono vivere fino a 200 anni, ma tra i vegetali ci sono specie di alberi che possono vivere oltre i 4700 anni come il *Pinus longaeva*.

Questi dati dimostrano come la velocità e la percezione del tempo tra specie ed organismi viventi è un concetto altamente relativo. L'uomo purtroppo non avendo sempre la percezione del sensibile tende a scartare l'importanza di ciò che non vede e non sente relegandolo ad un ruolo inferiore a lui.

Ma è chiaro che i processi coinvolti dalle piante sono noti a molti, come quello della fotosintesi che la spinge ad emergere e a formarsi dal suo seme, osservandola soltanto in frammentarie



¹⁴ STEFANO MANCUSO, *Verde Brillante*, Sensibilità e intelligenza del mondo vegetale, Giunti editore, 2015, pag.37

successioni che la porta al prodotto finito senza considerare le dinamiche coinvolte per il suo ottenimento durante la crescita.

Un altro possibile motivo per cui le piante sono state poco riconosciute può essere di natura psicologica. Tutti gli esseri viventi dipendono da esse, il fatto stesso di dover dipendere da qualcosa non piace e coincide sempre con una posizione di debolezza e di vulnerabilità, come accade per il bambino con i propri genitori che nella fase dell'adolescenza cerca di negare la propria dipendenza con i genitori per ottenere una propria autonomia psicologica in attesa di quella reale.

Questi aspetti dipendono dalla nostra educazione e dal nostro modo di vivere quotidiano che ci porta ad essere rispettosi di quello che conosciamo o meno. Comprendere come mai tutti gli esseri viventi dipendono dalle piante ci permette di capire a fondo il loro funzionamento e di usarlo come uno strumento per i nostri sviluppi artistici.

1.2 La création du monde

Tanto tempo fa, circa 4 miliardi e 567 milioni di anni fa, la terra si formò in seguito alla formazione del Sole il quale raggruppò le polveri e i gas circostanti in grossi agglomerati rocciosi, che urtandosi tra loro come palle da biliardo, formarono tra collisioni e unioni di altri agglomerati, corpi più massicci chiamati *protopianeti*. La Terra quindi si presentava inizialmente come un agglomerato di roccia, metalli, gas ed elementi radioattivi.

Questi elementi facevano apparire la Terra come una sfera fusa omogenea ed indifferenziata con un'altissima temperatura, dovuta in parte alla naturale radioattività degli elementi presenti, che cominciarono lentamente a raffreddarsi e a separarsi; i materiali più pesanti verso il centro, come il ferro, quelli più leggeri verso l'esterno, come l'acqua che si raffreddò creando una crosta.

L'attività vulcanica produsse l'atmosfera primordiale, il vapore acqueo condensato e incrementato dal ghiaccio trasportato dalle comete formò gli oceani. I moti della terra erano tuttavia molto più rapidi di come li conosciamo ora e con la formazione della Luna — avvenuta probabilmente a causa di un impatto con un corpo celeste errante — formò il sistema Terra-Luna in cui la seconda, a causa della sua gravità, rallentò e stabilizzò i moti terrestri riducendo così le variazioni di inclinazione dell'asse. Fu con molta probabilità questa stabilizzazione a favorire l'origine della vita.

Tra i 4 e i 2,5 miliardi di anni fa si originarono i primi organismi unicellulari viventi della Terra all'interno del brodo primordiale, definiti come Prokaryota e divisi tra la famiglia degli Eterotrofi e degli Autotrofi¹⁵.

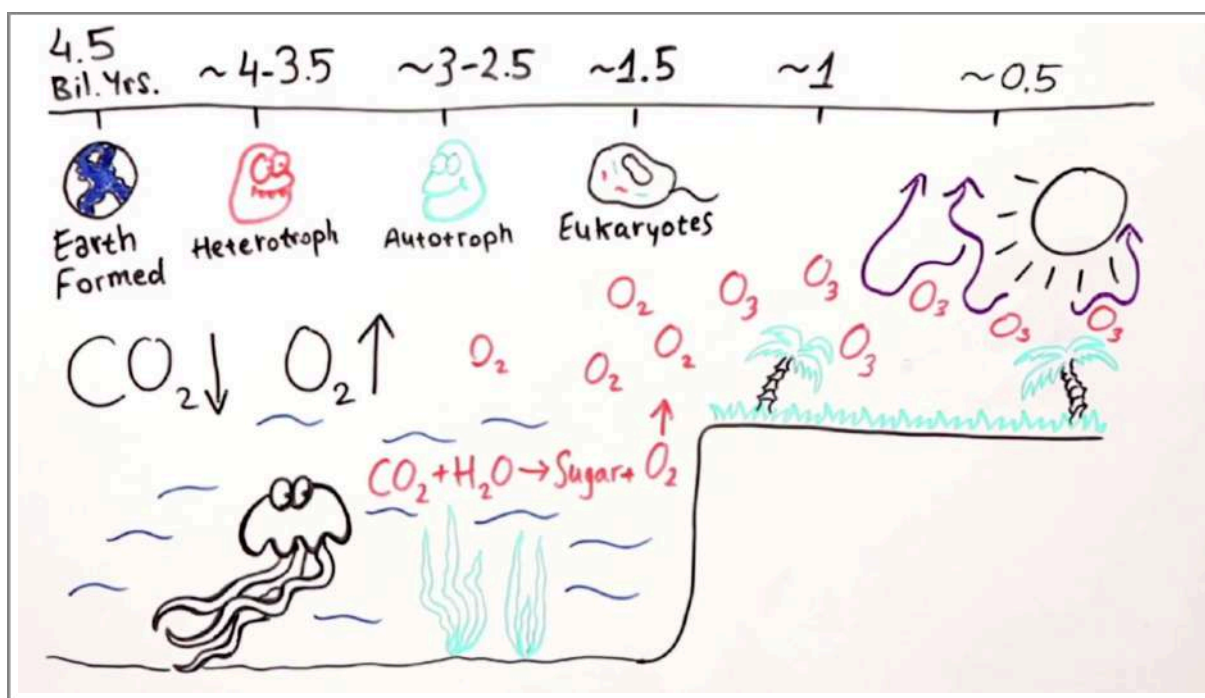
I primi sono batteri che dipendono da fonti energetiche organiche esterne, non avendo questi la capacità di auto sintetizzare cellule inorganiche come l'anidride carbonica, i secondi invece sono

¹⁵ Derivano dalle parole greche *éteros*, che significa altro, *autós*, che significa da sé e *trophé* che significa cibo

batteri autonomi che utilizzano la luce e le cellule inorganiche per alimentarsi e produrre a loro volta cellule organiche.

Circa 1,5 miliardi di anni fa, questi due organismi si uniscono per formare la prima cellula Eukaryota, dalla quale si origineranno i primi organismi multicellulari che sposteranno il loro dominio sulla terraferma. Questo spostamento fu possibile tuttavia grazie al continuo processo di fotosintesi ottenuto dagli organismi autotrofi, come le alghe marine che popolavano questi ambienti acquosi, alimentandosi e riducendo il CO₂, provocando così un abbassamento delle altissime temperature generate dal Sole sulla terraferma.

Questo processo durò circa 1 miliardo di anni fino a che, circa 500 milioni di anni fa, le piante cominciarono a radicarsi sulla terraferma, favorendo così la vita anche agli animali e agli altri organismi viventi eterotrofi. In tutto questo nuovo scenario che andrà a formarsi, l'uomo farà la sua effettiva comparsa circa 200 milioni di anni fa.



1.2 Sintesi grafica dell'evoluzione della vita primordiale sulla terra¹⁶

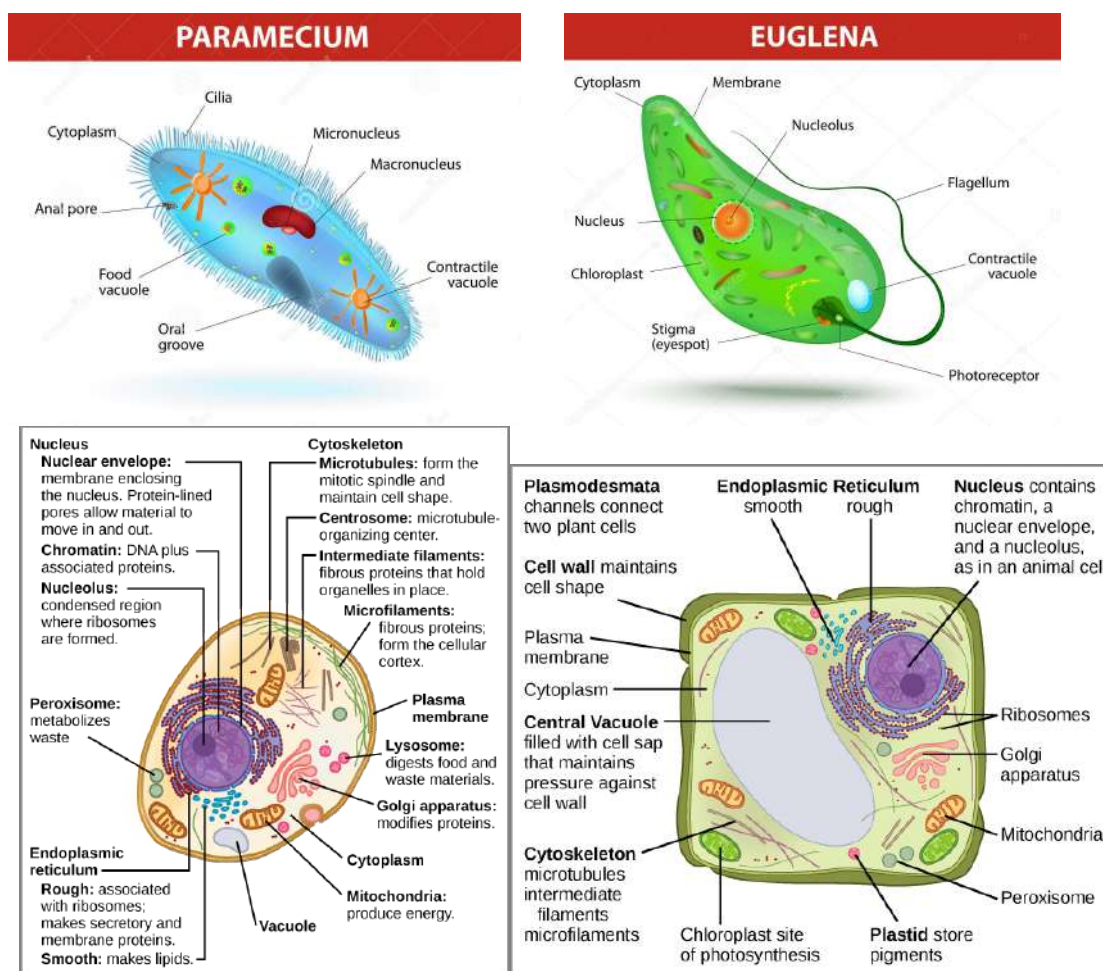
1.3 Parenti all'origine

Da questo momento in poi le due famiglie organiche degli autotrofi e eterotrofi cominciarono a differenziarsi notevolmente e ad optare soluzioni di sopravvivenza molto diverse; le piante diventarono stanziali, passive e lente mentre gli animali divennero dinamici, aggressivi e veloci; di fronte alle pressioni ambientali in atto, si osservarono soluzioni che permettessero di difendersi, cibarsi e riprodursi in modo differente, da parte delle piante stando ferme sul posto e da parte degli animali muovendosi o fuggendo.

¹⁶ <https://www.coursera.org/learn/plantknows/lecture/UflV5/1-8-plant-evolution> (minuto 8'15")

Prima di proseguire nella spiegazione di come le piante percepiscono il mondo esterno attraverso i loro sensi e quindi come è possibile per noi estrapolarlo coscientemente come dati concreti per la manipolazione del suono, è bene soffermarci un attimo su quello che ci differenzia da loro come organismi viventi, per meglio comprendere la loro struttura.

Da questo punto di vista è curioso notare che di base le cellule eucariote animali hanno in comune molte cose rispetto a quelle vegetali, le differenze sostanziali si presentano nel fatto che gli organismi vegetali hanno una parete cellulare, che contiene la membrana plasmatica e il citoplasma definiti nell'insieme Protoplasto, mentre negli animali ritroviamo una struttura scheletrica. La pianta contiene in più degli organuli specializzati per la fotosintesi, come il cloroplasto o il plastidio che si occupa di conservare i pigmenti e il vacuolo centrale che si occupa, a seconda delle soluzioni acquose in cui è a contatto l'organismo, di gestire la pressione contro la parete cellulare.



1.3 Cellule organiche a confronto, in alto nella forma Procariote, in basso nella forma Eucariote. A sinistra quella degli animali, a destra quella dei vegetali¹⁷

¹⁷ https://cnx.org/contents/GFy_h8cu@11.5:FPF-phhT@15/Eukaryotic-Cells

La ragione principale per cui queste due cellule si sono differenziate molto nei secoli a seguire, è dovuto al fatto che ogni forma si genera per una funzione precisa.

In architettura ogni struttura dovrebbe essere costruita a seconda delle attività che verranno esercitate al suo interno. Per esempio, un grattacielo con degli uffici dovrebbe essere costruito in verticale con diversi piani collegati con un ascensore; un ospedale dovrebbe essere costruito in modo che la sala d'emergenza sia facilmente accessibile.

Nella biologia il principio è lo stesso e tenerlo a mente ci aiuta a capire ciò che è funzionale per noi o per un altro organismo vivente e, nel caso specifico di questa tesi, valutare quali possano essere i dati funzionali per una performance musicale da parte delle piante.

Queste diverse funzionalità sono dovute alle diverse soluzioni, come introdotto all'inizio di questo paragrafo, nel sopravvivere di fronte ai problemi e alle pressioni ambientali, da questo punto di vista le maggiori peculiarità che le piante hanno rispetto agli animali sono:

- Organismi sessili¹⁸, ovvero organismi che vivono fissi al substrato dove nascono, senza mai spostarsi da esso
- Organismi modulari, ogni parte della pianta può essere autonoma rispetto alle altre, inviando e ricevendo messaggi in maniera indipendente
- Organismi multipli, ovvero riescono a riprodurre esattamente il proprio genoma alle nascite future.¹⁹

Queste tre caratteristiche ci fanno capire che non sono individui²⁰, una pianta può continuare a sopravvivere anche se le vengono asportate parti — fino al 90% — dal suo organismo proprio in virtù che sono organismi che vengono predati.

Questo permette loro di avere ricettori sensoriali lungo tutto l'organismo e non organi specializzati come negli animali²¹, ogni sua parte così ha la possibilità di continuare a vivere con tutti i sensi intatti senza subire limitazioni a causa di queste menomazioni. Il fatto stesso che nessuna parte singola dell'organismo vegetale è essenziale ed è invece favorita la ridondanza a moduli ripetuti che interagiscono tra loro e possono, in certe condizioni, sopravvivere anche in modo autonomo, rendono le piante più simili ad una colonia che ad un individuo.

Da questo punto di vista è chiaro il motivo per cui le piante vengono considerate come esseri alieni a noi, associando tutto quello che percepiamo ad organi specializzati, che ci traducono e spiegano i fenomeni fisici esterni.

¹⁸ Dal lat. *sessilis*, der. di *sedere* «stare seduto»

¹⁹ Si veda per esempio il caso del bosco Pando ([https://it.wikipedia.org/wiki/Pando_\(albero\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Pando_(albero)))

²⁰ Derivante dalla parola latina *individuus*, ovvero non divisibile

²¹ Per organi si intendono gli organi sensoriali come quelli della bocca, occhi, naso, orecchie etc...

1.4 La comunicazione delle piante

Ogni pianta ha la capacità di registrare ininterrottamente un gran numero di parametri ambientali, come la luce, l'umidità, gradienti chimici, presenza di altre piante o animali, campi elettromagnetici, gravità che approfondiremo meglio in seguito riguardo a come vengono da esse raccolti.

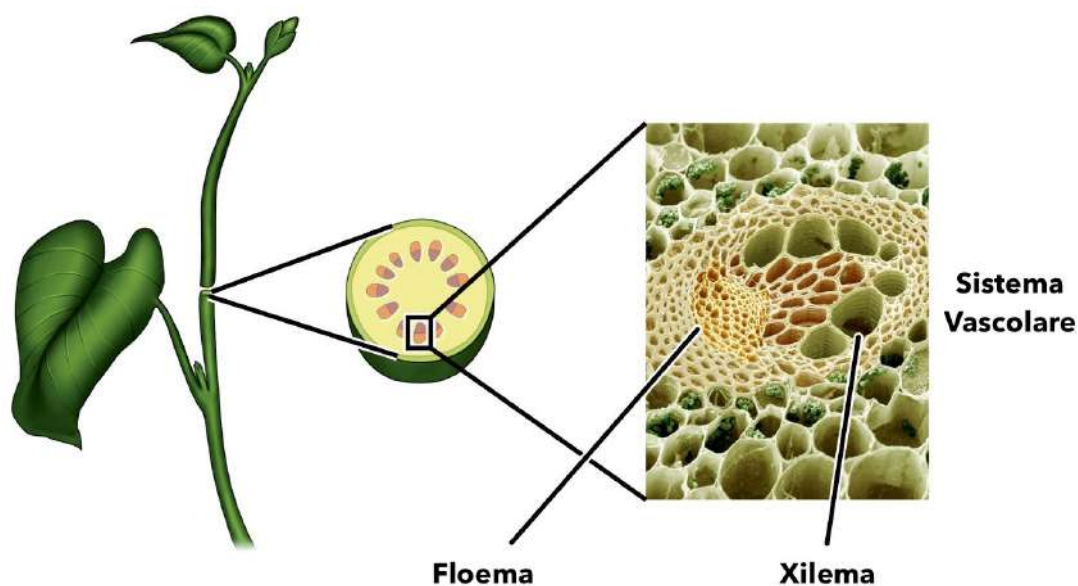
Quando una pianta riceve un segnale da qualche agente esterno le sue informazioni vengono trasmesse da un capo all'altro della sua struttura, generalmente suddivisa in radici, fusto e foglie.

Queste informazioni vengono trasmesse tramite tre sistemi indipendenti tra loro, che sono di natura elettrica, idraulica e chimica.

Il primo sistema è simile a quello degli animali e dell'uomo con la differenza che le piante non hanno nervi, quindi utilizzano due metodi a loro molto funzionali; per i brevi percorsi questi segnali passano da una cellula all'altra tramite semplici aperture presenti sulla parete cellulare, chiamate plasmodesmi²²; per i percorsi più lunghi — ad esempio quello dalle radici alle foglie — usano invece il sistema vascolare principale.

Questo sistema funziona come un vero e proprio sistema vascolare privo di una pompa centrale, come il cuore nel nostro caso, che gli permette di trasportare i liquidi dal basso verso l'altro e viceversa: una specie di sistema arterioso e venoso, che è detto xilomatico quando funziona dal basso in alto e floematico quando i liquidi scorrono invece dall'alto in basso.

Lo xilema²³ è il tessuto di conduzione principalmente adibito al trasporto di acqua e sali minerali dalle radici verso la chioma, mentre il floema²⁴ è il tessuto di conduzione che segue il percorso inverso, trasportando gli zuccheri prodotti dalla fotosintesi dalle foglie ai frutti e alle radici.



²² Dal greco *plásma*, struttura, e *désma*, legame

²³ Dal greco *xúlon*, legno

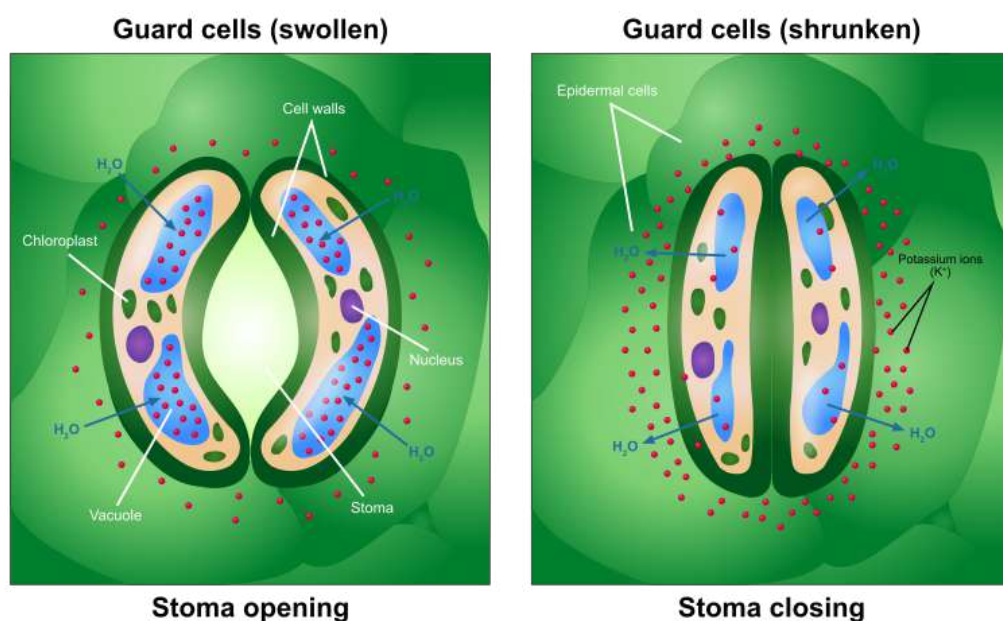
²⁴ Dal greco *phloiós*, corteccia

Questo sistema di comunicazione ha un'importanza evidente se pensiamo che l'acqua assorbita dalle radici è perduta, per traspirazione dalle foglie, in grande quantità e deve essere continuamente reintegrata, mentre gli zuccheri prodotti dalla fotosintesi — che rappresenta la principale fonte di energia della pianta — devono essere traslocati di continuo dal sito di produzione alle altre parti dell'organismo. I messaggi elettrici così circolano in modo agevole e abbastanza rapido.

Un esempio pratico dell'importanza di avere un sistema di comunicazione agile è dato dalle radici che devono informare dello stato idrico del terreno alle foglie. Queste durante il loro processo di fotosintesi applicano un meccanismo di apertura e chiusura di piccole strutture chiamate stomi²⁵ che si occupano di far passare al suo interno l'anidride carbonica a costo di un alto consumo d'acqua.

Nei periodi estivi, la decisione di tenerli aperti per generare fotosintesi o tenerli chiusi per conservare l'acqua necessaria è di vitale importanza ed entrano in gioco concetti come *dinamiche collettive* o *calcolo distribuito emergente*²⁶.

Se le radici di una pianta si accorgono che nel terreno non c'è più acqua disponibile, informare le foglie diventa un imperativo perché altrimenti l'eccessiva traspirazione da parte di quest'ultima la condurrebbe a morte certa. Per assicurarsi la velocità, la pianta utilizza come prima opzione un segnale elettrico, che arriva in breve tempo alle foglie inducendo la chiusura degli stomi. Insieme al segnale elettrico, rapido ma essenziale, partono anche dei segnali chimico-ormonali che usano il sistema vascolare per spostarsi ma impiegano più tempo per raggiungere le foglie.



1.4 Particolare degli stomi presenti sulle foglie, si notano come questi siano circondati da due cellule atte a chiudere e ad aprire il foro in cui passa al suo interno l'anidride carbonica

²⁵ Dal greco stoma, bocca, apertura

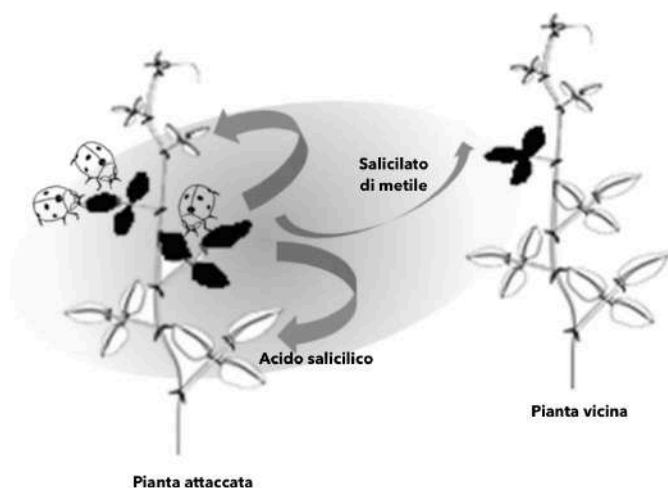
²⁶ MANCUSO, op. cit., pag. 78

Questi sistemi di segnalazione interna sono quindi complementari e agiscono, in virtù della costruzione modulare e reiterata delle piante, in modo distribuito da molteplici centri di elaborazione dati. Un uomo non può dirigere alcun messaggio da un piede a una mano o alla bocca, tutti questi segnali vengono elaborati dal cervello. Le piante, al contrario, possono comunicare non solo dalle radici alla chioma e viceversa, ma anche da una radice all'altra o a una foglia all'altra, agendo così come un vero network.

La comunicazione tra piante o esseri vicini invece avviene tramite processi chimici che possono essere volatili nell'aria e quindi olfattive, oppure solubili nell'acqua e quindi coinvolgere il tatto o il gusto. Questi due processi dipendono dalle circostanze che lo attivano, quando una pianta viene per esempio attaccata dagli insetti fitofagi²⁷, vengono attivati meccanismi di difesa che possono essere classificati come costitutivi e indotti, in base ai tempi di azione, e diretti e indiretti, in base alla modalità di azione.

I meccanismi di difesa diretta sono caratterizzati da effetti sulla biologia, sulla fisiologia e sul comportamento dell'insetto fitofago, rendendo la foglia che sta divorando poco appetibile, indigeribile o addirittura velenosa per l'erbivoro. Inoltre questi meccanismi vengono circoscritti nel punto preciso in cui vengono attaccate e, in base alla gravità dell'attacco, avvertono le foglie o le piante limitrofe, ottimizzando lo spreco di energia.

E' curioso notare che questa sostanza solubile che si diffonde per tutto l'organismo vegetale è composta da acido salicilico, la stessa sostanza da cui deriva l'aspirina, mentre la diffusione del segnale di allarme alle piante vicine è data dall'emissione di sostanze volatili a base di salicilato di metile, presente anche nel metanolo.²⁸



Invece i meccanismi di difesa indiretta agiscono nei confronti dei fitofagi attraendo i loro antagonisti naturali (insetti predatori e parassitoidi), e fornendo a questi alimento e protezione di vario genere.

1.5 Processi di difesa delle piante

²⁷ Deriva dal greco per indicare chi si ciba di piante

²⁸ <http://www.pnas.org/content/pnas/104/13/5467.full.pdf>

La difesa indiretta della pianta comporta la produzione di specifici metaboliti volatili chiamati BVOC²⁹ in grado di facilitare il processo di localizzazione del fitofago da parte dei suoi antagonisti naturali.³⁰ Questi meccanismi consentono di sostenere la presenza dell'antagonista naturale e di conseguenza ridurre la popolazione dell'insetto fitofago.

Infine la comunicazione fra le piante e gli altri organismi viventi avviene nei noti processi di impollinazione in cui la pianta, a seconda della propria natura sessuale³¹, può far uso di vettori fisici, come il vento, di insetti o di animali per diffondere il proprio seme. A livello sonoro è curioso citare la capacità di alcune piante, come la *Marcgravia evenia*. Una liana originaria di Cuba che ha sviluppato nelle foglie circolari una forma di vera e propria parabola satellitare, il cui unico scopo pare sia quello di segnalare ai sonar dei pipistrelli la presenza dei fiori.³²

Così come alcune piante fanno uso dei colori come nel caso del ciliegio, che durante l'impollinazione produce fiori di un colore bianco, fatto apposta per attirare le api, che sono in grado di vederlo bene e quindi di raggiungere più facilmente i fiori. Le api tuttavia non vedono invece il rosso, che sono i frutti, ovvero le ciliegie. Queste si colorano in questo modo per attirare gli uccelli, che il rosso lo vedono molto bene perché esaltato rispetto al verde delle foglie e quindi può essere facilmente percepito da un uccello in volo.

Dopo queste prime indagini di natura storica e pre fisiologica del mondo delle piante, i processi che ho ritenuto interessanti e utili al fine di una manipolazione sonora sono senz'altro legati a quelli di natura elettrica. Questo perché è il mezzo più rapido e accessibile a disposizione per tradurlo in termini musicali rispetto a strumenti sull'analisi chimica in tempo reale dei processi vegetali.

²⁹ Biogenic Volatile Organic Compounds - Composti Organici Volatili di Origine Biogenica

³⁰ M.DICKE, et al. (1999), *Jasmonic Acid and Herbivory differentially Induce Carnivore-Attracting Plant Volatiles in Lima Bean Plants*, in *Journal of Chemical Ecology*, 25, pp. 1907-1922

³¹ Si distinguono in questo caso piante *ermafroditi*, gli organi maschili e femminili si trovano nello stesso fiore come il giglio, *monoiche*, che sono distinti sulla stessa pianta come la quercia, *dioiche*, che si trovano su piante diverse come la canapa

³² R.SIMON, et al. (2011), *Floral Acoustics: Conspicuous Echoes of a Dish-Shaped Leaf Attract Bat Pollinators*, in *Science*, 333 (6042), pp. 631-633

Capitolo 2 : Quello che una pianta sa

2.1 La vista

Riguardo al senso della vista possiamo definirlo come è indicato su etimo.it :

«Facoltà od Organo del vedere; il senso della luce e degli oggetti illuminati»

Le piante sono da questo punto di vista molto sensibili alla luce, cioè alla variazione del campo magnetico, ed hanno sviluppato delle facoltà raffinate mediate principalmente dalla fotosintesi, ovvero la capacità di produrre l'ossigeno tramite il processo combinato di anidride carbonica e acqua alimentate dalla luce del sole.

L'uomo percepisce il visivo grazie alla luce che rimbalza sulle superfici circostanti per raggiungere i suoi occhi, in cui risiedono dei fotorecettori all'interno della retina chiamati coni; che ci permettono di filtrare i colori in rossi, verdi e blu; e bastoncelli, che ci permettono di ottenere le diverse sfumature di bianco e nero.

Nelle piante questi fotorecettori sono diffusi ovunque nelle cellule, essendo organismi privi di organi specifici, come già spiegato nel primo capitolo. Tuttavia si riscontra una maggiore presenza nelle foglie che si occupano di assorbire esternamente la luce ma anche nelle radici, le quali tuttavia cercano il più possibile di allontanarsi da essa.

Questa importante facoltà di percepire la luce ha sviluppato nelle piante anche la capacità di intercettarla e muoversi in direzione di essa, una capacità definita *Fototropismo*.³³

Inoltre queste riescono anche a riconoscere la qualità della luce, per esempio, quando due piante si trovano a vivere una vicina all'altra, come in un bosco o in un vaso, può capitare che entrino in competizione perché la più alta fa ombra con le sue foglie alla più bassa: una dinamica che induce le piante a crescere più rapidamente in altezza per superare la rivale, chiamata *fuga dall'ombra*.

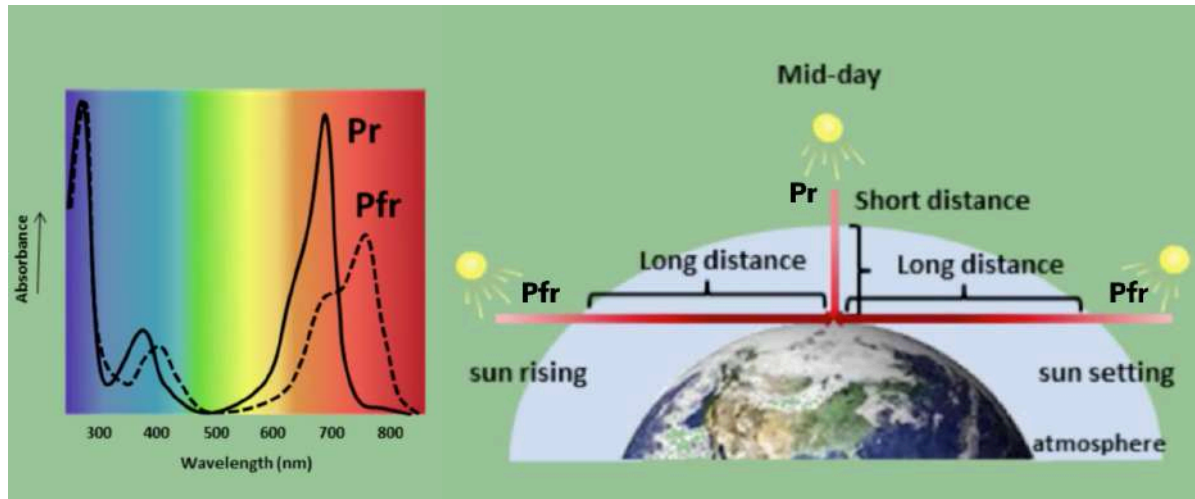
Questa percezione della luce è data dal fatto che le piante riescono a distinguere lunghezze d'onda che variano tra l'ultravioletto e l'infrarosso, rispettivamente tra i 300 e i 750 nano metri. Per tale ricezione dispongono di ben 8 fotorecettori per il blu e 7 per il rosso.

La discriminazione di questi colori è data da una molecola chiamata *Fitocromo*, che permette loro di agire come un interruttore per attivarsi e spegnersi con la luce indipendentemente dal processo di fotosintesi, intervenendo nel processo di germinazione, nella distensione delle foglie e nella fioritura. Il Fitocromo ha una proteina alla base e sulla cima, un cromoforo, che può assorbire e cambiare conformazione alla molecola per assorbire luce rossa Pr, o luce rossa lontano Pfr³⁴; Il caso in cui passa da Pr a Pfr significa che passa allo stato *Attivo*, da Pfr a Pr allo stato *Inattivo*.

³³ Dal greco *phós*, luce e *trépein*, muoversi

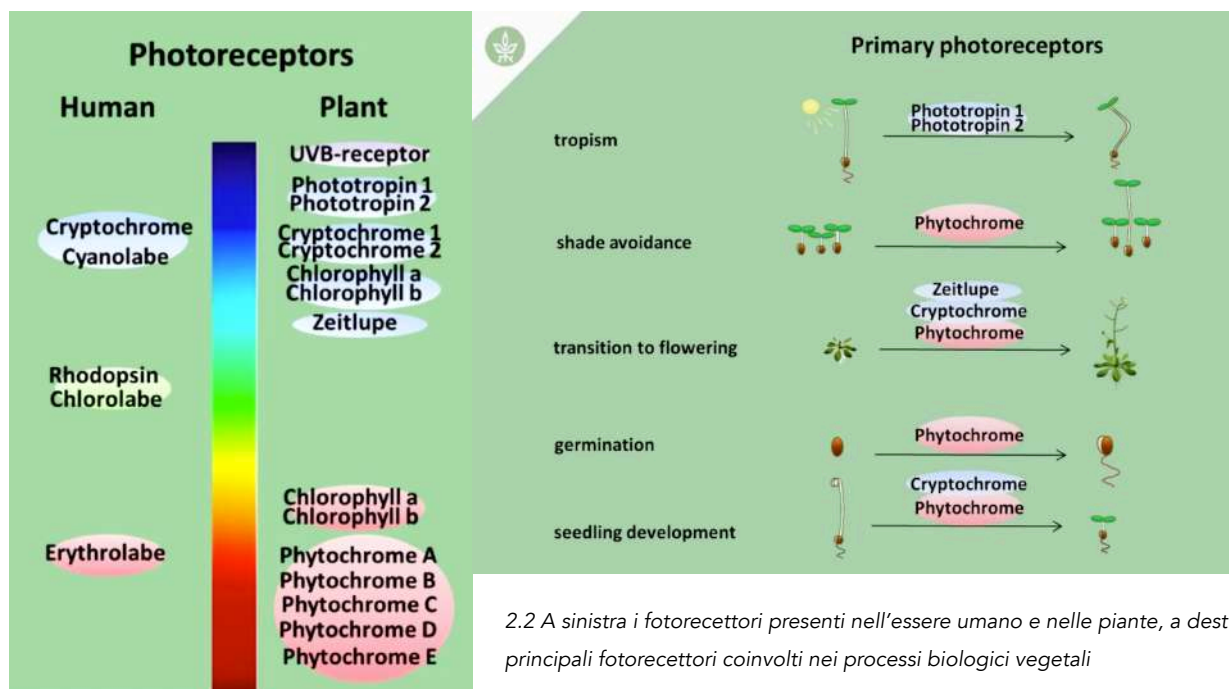
³⁴ Indicativamente il Pr è misurabile sui 660 nm mentre il Pfr sui 730 nm

Questi due segnali devono rimanere tali per una durata di tempo per attivarsi realmente, se accade un impulso di stato rapido tra uno e l'altro, la pianta non fa in tempo a recepire il messaggio. Il Pr la pianta l'ottiene quando il sole raggiunge lo Zenit mentre al tramonto o all'alba il sole distribuisce molto più il Pfr facendo così capire all'organismo vegetale quando inizia o finisce un giorno.



2.1 A sinistra, particolare dell'indice di assorbimento delle onde elettromagnetiche a destra momenti della giornata in cui sono presenti Pr e Pfr

Se una pianta si trova all'ombra di un'altra, come specificato nell'esempio precedente, questa riceve molto meno Pr, facendo scattare in lei il meccanismo di allungarsi molto di più per raggiungere i raggi rossi e poi aprirsi con le foglie. Infine un'altra importante molecola, adibita alla ricezione dei colori blu e in comune con il nostro sistema visivo, è il *criptocromo*, che rappresenta l'orologio biologico che viene misurato dalla quantità di luce a cui siamo sottoposti.



2.2 A sinistra i fotorecettori presenti nell'essere umano e nelle piante, a destra i principali fotorecettori coinvolti nei processi biologici vegetali

2.2 L'olfatto

Grazie a Linda Buck e a Richard Axel nel 1991 si scoprì i meccanismi legati al funzionamento dei geni atti a percepire gli odori nell'uomo³⁵; scoprirono che il naso funziona attraverso centinaia di ricettori che, tramite un meccanismo tipo porta e serratura, raccoglie le molecole disperse nell'aria e, a seconda di quello che combacia nei recettori che si trovano lungo la membrana interna al naso, inviano impulsi elettrici al cervello il quale li traduce in sensazioni olfattive.

Questo processo è molto complesso perché a differenza della vista, i cui recettori agiscono individualmente per una specifica tinta di colore, quelli olfattivi sono il risultato della combinazione di più recettori simultanei. Nelle piante questo processo è molto simile al nostro, con la differenza che viene eseguito diffusamente su tutto l'organismo, dalle foglie alle radici, un po' come se noi avessimo milioni di piccoli nasi sparsi lungo tutto il corpo.

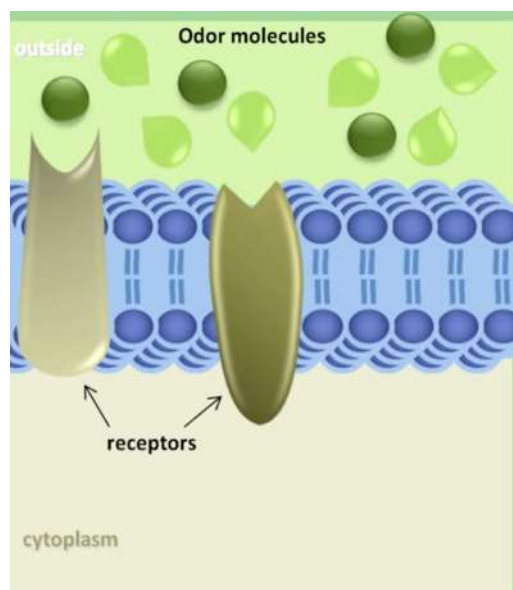
Questa capacità permette alle piante, come descritto già alla fine del paragrafo 1.4, di comunicare tra loro anche in parti circoscritte o con gli esseri viventi tramite sostanze volatili.

Tutti gli odori prodotti dai vegetali, per esempio quelli del rosmarino, del basilico, del limone o della liquirizia, sono le *parole* delle piante, il loro vocabolario.

Questa può essere definita come una sorta di lingua vegetale perché ogni composto volatile trasporta informazioni precise, come avvisi di pericolo imminente, messaggi di attrazione e repulsione o altro ancora.

Oltre agli esempi specificati già precedentemente, sulla comunicazione di pericolo tra piante o parti di pianta vicine, ogni angiosperma³⁶ produce uno specifico odore per comunicare con i suoi insetti impollinatori, che si traduce in un messaggio *privato* non destinato ad altre piante ma utilizzato per uno scopo molto preciso.

Un esempio di sostanza volatile che può indurre al cambiamento di stato di una pianta è dato esemplarmente dall'etilene, un ormone comune a tutte le piante, responsabile per la maturazione di queste³⁷.



2.3 Particolare dei recettori atti a prelevare le molecole volatili. Si può notare come l'incastro di ogni recettore si conforma a quello della specifica molecola interessata

³⁵ BUCK LINDA & RICHARD AXEL, 1991, "A Novel Multigene Family May Encode Odorant Receptors: A Molecular Basis for Odor Recognition." *Cell* 65:175-183

³⁶ Sono tutte quelle piante che fanno fiori ed hanno i semi contenuti nei frutti, deriva dal greco *angéion*, involucro e *spérma*, seme

³⁷ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC396842/>

Questa sostanza volatile infatti fu la causa nel 1800 della morte di molte piante prossime ai lampioni urbani, i quali erano alimentati da metanolo di cui le piante percepivano le molecole dell'etilene, responsabile della loro senescenza. Inoltre sono anche note popolarmente gli effetti di lasciare un frutto accanto ad un altro che sta marcendo, quest'ultimo infatti produce altissime quantità di etilene che conduce alla rapida maturazione di quelli acerbi circostanti.

La scoperta del suo recettore e quindi del suo reale funzionamento avverrà soltanto nel 1993³⁸, identificandolo come ETR1. Questo in assenza di etilene si attiva ed inibisce il processo di maturazione, in presenza dell'etilene invece si disattiva e attua il processo di allungamento, maturazione ed invecchiamento alla pianta assumendo così le caratteristiche di un *repressore*.

Tuttavia non tutte le piante sono sensibili a questa molecola, così come non tutte le piante agiscono ugualmente alla luce; infatti nel primo caso le piante vengono definite sempre verdi, nel secondo caso ci sono piante che fioriscono in periodi del anno in cui c'è meno luce o più luce, definite rispettivamente brevidiurne e longidiurne, che possono avere caratteristiche proprie.

Da questo punto di vista delle eccezioni, tornando nel 1800, l'aspidistra divenne una delle piante ornamentali più usate in quel periodo, proprio grazie alla sua capacità di bypassare la senescenza indotta dall'etilene.



³⁸ <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pp.44.060193.001435>

2.3 Il gusto

Come negli animali, anche nelle piante il senso dell'olfatto e quello del gusto sono strettamente connessi. Nel caso delle piante, gli organi preposti al senso del gusto sono alcuni recettori delle sostanze chimiche che esse usano per alimentarsi, che cercano nel suolo grazie all'azione esplorativa delle radici. Percependo i minuscoli gradienti chimici presenti nel terreno, le radici assaggiano in continuazione il suolo alla ricerca di nutrienti come nitrati, fosfati o potassio che sono in grado di localizzare con estrema precisione anche quando la loro presenza è molto limitata.

Questo è dimostrabile dalla pianta stessa, che produce un numero molto elevato di radici proprio in corrispondenza delle zone dove la loro concentrazione è più alta e facendole poi crescere fino a che tutto il sale minerale non sia stato efficacemente assorbito.

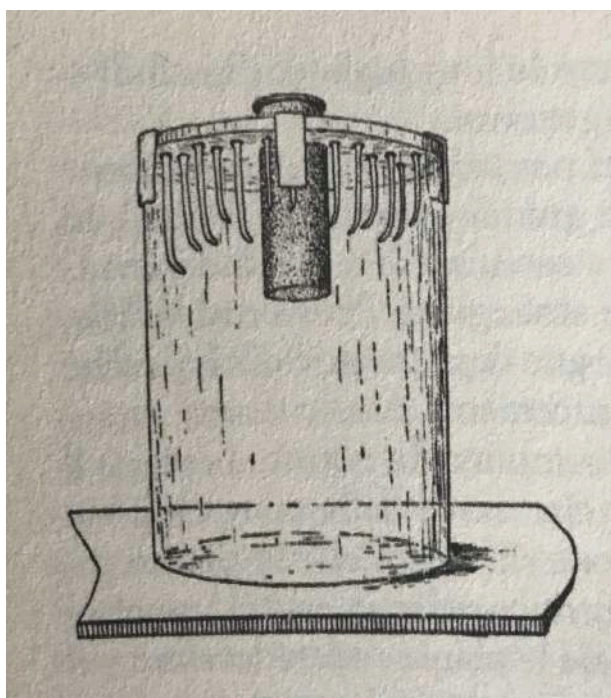
2.4 Le radici orientano la crescita verso la loro sorgente di nutrimento

Se il suolo è il primo luogo in cui istintivamente andare a cercare le parti della pianta preposte al gusto, poiché lì si trova il maggior numero di risorse nutritive cui fa ricorso il mondo vegetale, esistono altre specie che fanno ricorso a tecniche diverse a causa della pressione ambientale in cui si sono dovute adattare, come per esempio le piante carnivore.

In tal senso possiamo prendere come riferimento esemplificativo le piante della specie *Nepenthes*, che hanno sviluppato dei particolari organi a forma di sacco, i cui bordi sono cosparsi di sostanze odorose e zuccherine. Quando l'animale arriva, attirato dall'odore prodotto dalla pianta, si affaccia sul sacco per cibarsi di quel nettare e seguirne il profumo, vi scivola dentro e non riesce più a uscire.

L'interno di queste trappole a sacco è una delle cose più lisce che esistano in natura, dentro la trappola lo sfortunato animale troverà del liquido digestivo, nel quale finirà per annegare, esausto per i numerosi tentativi di risalire e mettersi in salvo. A quel punto la pianta inizierà la digestione della preda rilasciando degli enzimi che lo trasformerà in un brodino che sarà lentamente assorbito.

Date le dimensioni che alcune di queste piante assumono, possono digerire anche animali di piccola dimensione come roditori o rettili, oltre che insetti. Infine un altro esempio di alimentazione



tramite il gusto è dato dalle *Pawlonia tomentosa*³⁹, che secernono dalle foglie delle sostanze appiccicose e velenose che uccidono gli insetti senza però digerirli come accade nelle *Nepenthes*.

Questo processo è dovuto al fatto che le piante lasciano cadere i cadaveri di questi insetti dove si decompongono, rilasciando l'azoto che serve al vegetale per integrare la propria dieta; quelli rimasti sulla foglia servono invece da nutrimento per i batteri presenti sulla pianta, che assorbe agevolmente i loro prodotti di scarto, ricchi d'azoto.

2.4 Il tatto

Nell'epidermide animale troviamo un sistema sensoriale somatico basato su specifici recettori, come quello del tocco chiamati *meccanocettori*, quello del dolore chiamati *nocicettori* o quelli della temperatura chiamati *termocettori*.

I neuroni mediano questi messaggi tramite il midollo spinale fino al cervello, grazie ad un processo elettrochimico chiamato depolarizzazione su cui è bene soffermarci un attimo: Il potenziale elettrico che si viene a formare tramite questa azione somatica è dato dall'interazione tra sodio(+) e potassio(-), rispettivamente situati fuori e dentro la membrana cellulare.

Quando la cellula è in stato di riposo la sua carica è -70mV, questo valore è dato dai piccoli canali di potassio e sodio che fanno passare passivamente questi ioni da una parte all'altra della membrana. Tuttavia quando si presenta una grossa carica di sodio o viene superata una soglia, i canali di sodio si aprono facendo scorrere rapidamente gli ioni all'interno della membrana, rilevando una carica di -55mV. Dopo pochi secondi vengono aperti anche i canali del potassio che portano i rispettivi ioni fuori dalla membrana causando così una variazione di potenziale elettrico che può toccare i 30mV. Dopo un intervallo di tempo minuscolo, il canale di sodio grazie ad un repressore, viene chiuso facendo chiudere successivamente anche il canale del potassio⁴⁰.

Prima che si possa verificare un'altra variazione di potenziale elettrico e ripetere questo ciclo, entrambi i canali dovranno chiudersi. La diffusione di questo segnale, nelle cellule animali, avviene poi tra un neurone e l'altro tramite la base degli assoni⁴¹, definiti come neurotrasmettitori, che lo trasmettono fino al cervello che si occuperà di tradurre queste informazioni in sensazioni.

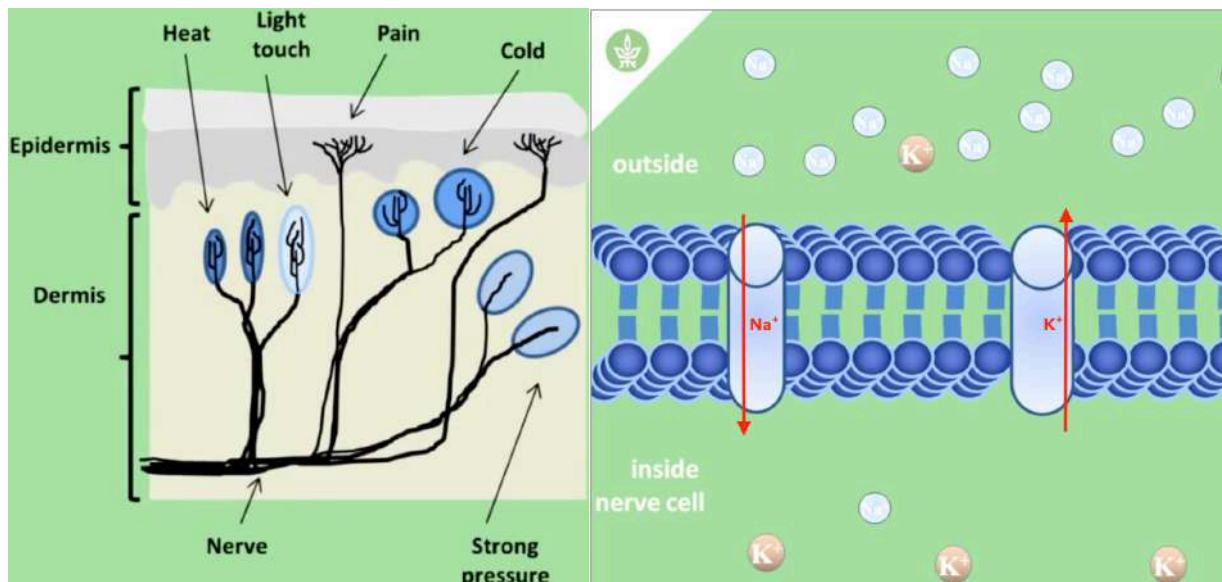
Questa diffusione di informazioni viene filtrata dai rispettivi recettori somatici che si occupano di tradurre la qualità e la modalità per cui viene percepito un contatto con l'epidermide.

³⁹ Un albero originario della Cina che sta diventando molto comune anche in Europa

⁴⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=liiz5CpFCQo>

⁴¹ I messaggi neurali vengono trasmessi grazie alle parti terminali degli assoni che compongono le sinapsi, sia con processi chimici che elettrici. Queste informazioni che attraversano le sinapsi, tramite variazione di potenziale elettrico, tuttavia non possono attraversare il vuoto che si ha nello spazio sinaptico tra i due punti terminali. Per questo motivo vengono usate delle vescicole che si spostano nella zona presinaptica, dove si aprono propagando i messaggi neurali (vengono appunto chiamati neurotrasmettitori). Questi neurotrasmettitori attraversano lo spazio sinaptico raggiungendo i recettori del neurone postsinaptico che tramite depolarizzazione trasmette così altro potenziale elettrico. I neurotrasmettitori attaccati ai recettori vengono poi rilasciati, molti di questi vengono degradati grazie agli enzimi ed altri vengono ripresi grazie a dei condotti che si occupano di riaggrupparli nelle vescicole iniziali

Nel mondo vegetale, il senso del tatto è strettamente connesso a quello dell'udito e si serve prevalentemente dei recettori meccano-sensibili che sono diffusi su tutta la pianta, con maggiore frequenza nelle cellule epidermiche che sono a contatto con l'ambiente esterno. Queste attivano la pianta quando tocca qualcosa o viene raggiunta da vibrazioni.



2.5 A sinistra la fisiologia di un sistema somatico animale, il nervo con i recettori situati alla sua estremità vengono attivati dallo stimolo esterno sull'epidermide. A destra schema esemplificativo del potenziale elettrico, gli ioni di sodio e quelli di potassio entrano ed escono dai rispettivi canali di trasmissione

Tuttavia le piante non possiedono nervi o neuroni, quindi la diffusione di questi segnali esterni avvengono all'interno della loro soluzione liquida, inoltre non soffrono non avendo nocicettori.

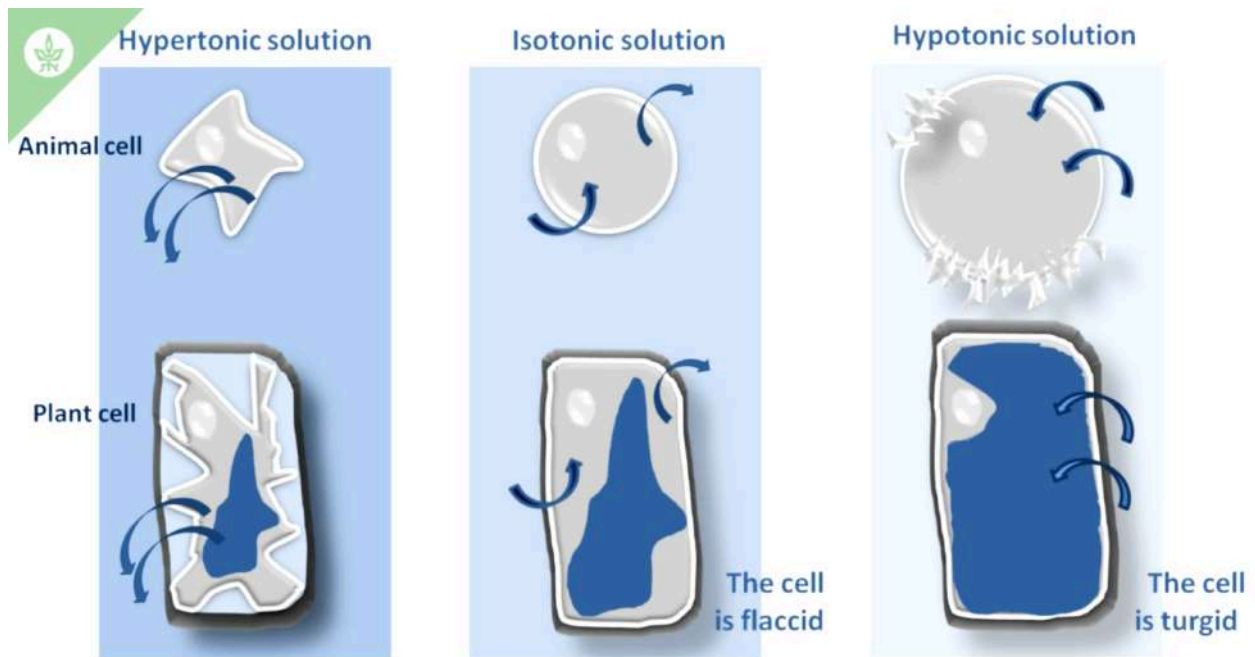
Se per esempio una pianta viene attivata dall'azione del tatto questa, tramite il gene specifico, genera una proteina chiamata *calmodulina*, ricca di calcio e di ioni positivi che trasmette segnali elettrici tra le cellule. Le cellule della pianta, come abbiamo visto dall'immagine 1.3, contengono al suo interno il vacuolo centrale, che si occupa di rendere più o meno conduttivo questo segnale.

La sua conduttività è data dal rapporto fisiologico che il vacuolo centrale ha con le soluzioni ioniche esterne; il vacuolo si allarga in presenza di acqua dolce, comprimendo il protoplasma contro la parete cellulare, mentre si restringe in presenza di acqua salata, distendendo il protoplasma al suo interno.

Questo processo è particolarmente noto nella *mimosa pudica*, un particolare tipo di mimosa detta sensitiva, che appena viene sfiorata ritrae le proprie foglie, proprio come se fosse timida.

Bastano pochi attimi per attivare questo movimento, che non è un riflesso condizionato, ovvero non si chiude se viene bagnata dall'acqua o scossa dal vento, ma solo se viene davvero toccata.

Questo accade perché alla base delle sue foglie si innesca un meccanismo di depolarizzazione che espelle ioni di potassio rendendo la sua concentrazione interna ipertonica.

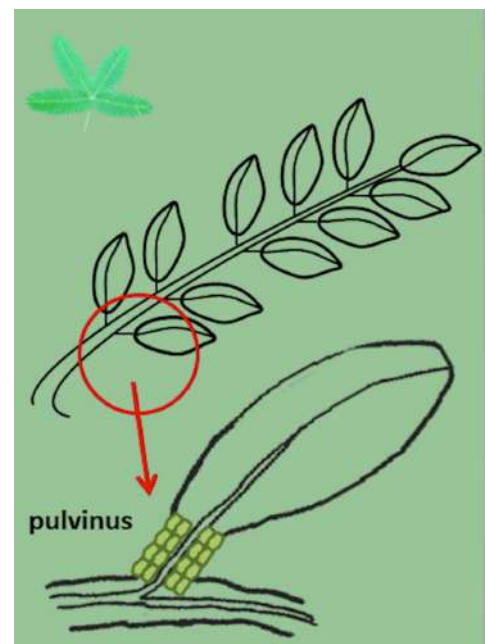


2.6 In alto le cellule degli animali, in basso quelle delle piante. Entrambe agiscono allo stesso modo sui tre diversi tipi di soluzione ionica esterna; Ipertronica, per esempio acqua salata esterna, Isotonica, equilibrio esterno interno, Ipotonica, per esempio acqua dolce esterna

2.7 Caso specifico della mimosa pudica. Il pulvino è la parte che si occupa di espellere ioni di potassio rendendo questa parte ipertonica, facendo così chiudere le foglie

Infine un altro tipico esempio di come le piante reagiscono al tatto ci viene mostrato dalle piante carnivore, in particolare dalla *Dionaea muscipula*.

Questa pianta originaria delle paludi del Nord e del Sud Carolina, dalla tipica forma di una tagliola, presenta all'interno dei suoi due lobi delle ciglia avvolte da piccolissime ghiandole rosse che secernono un liquore dolce che attira le sue prede.



Queste ciglia reagiscono al contatto della preda ma vengono attivate sotto precise condizioni, per non consumare inutilmente energia e far sì che l'azione avvenga a colpo sicuro; il contatto deve avvenire entro e non oltre i 20 secondi, tra una ciglia e l'altra, permettendo così alla pianta di riconoscere che la preda è abbastanza grande per fornirle nutrimento e per evitare che il passaggio avvenga ai lati esterni dei lobi.

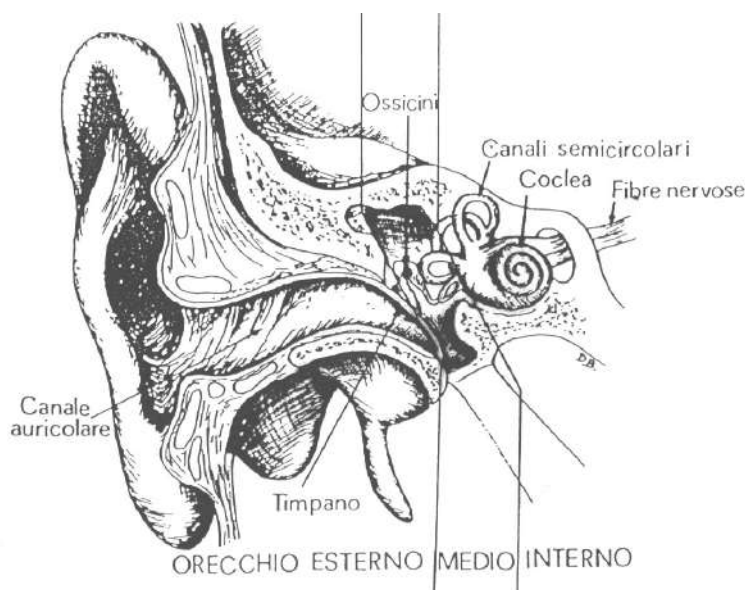
La preda, soddisfacendo questi criteri, farà chiudere i lobi alla pianta e divincolandosi sempre più tra le sue ciglia farà sì che la presa della *Dionaea* diventi più vigorosa.

2.5 L'udito

Il senso dell'udito, che più ci interessa in questo ambito, è forse il senso che nelle piante ha trovato molte controversie sulla loro effettiva capacità di *udire* il mondo esterno.

Nell'essere umano e in molti animali l'organo preposto a questo senso è l'orecchio, che grazie al padiglione auricolare capta e filtra le vibrazioni sonore, date dallo spostamento dell'aria, indirizzandole nel canale auricolare verso il timpano.

Il movimento fisico della membrana del timpano stimola gli ossicini che trasducono questo messaggio all'interno della coclea, dove risiedono le fibre nervose che trasportano le informazioni al cervello come impulsi elettrici.



2.8 Schema dell'orecchio umano, diviso in orecchio esterno, medio ed interno.

L'aria è quindi il vettore su cui il suono si propaga come un'onda fisica; nel vuoto la trasmissione delle onde sonore sarebbe impossibile e noi non potremmo sentire nulla.

Le piante come sappiamo non dispongono di orecchie, d'altra parte non dispongono nemmeno degli altri organi di senso precedentemente elencati, essendo loro degli organismi con sensi diffusi su tutta la loro struttura cellulare.

Le piante hanno anche un altro vettore per ricevere i suoni: la terra; i serpenti, le talpe o i vermi per esempio sono organismi che non dispongono di orecchie ma malgrado ciò riescono comunque a percepire i suoni attraverso le vibrazioni della terra.

Le piante captano queste vibrazioni tramite i meccanocettori spiegati nel paragrafo precedente, che sono diffusi su tutta la sua struttura cellulare, in particolare le radici sono molto sensibili alle vibrazioni sonore alla stessa maniera di come noi possiamo percepire i suoni che ci possono attraversare fisicamente in discoteca.

Esperimenti per convalidare tutto ciò sono stati molteplici negli anni e non sempre hanno restituito dei dati attendibili a causa della poca oggettività e statisticità nell'eseguirli.

Per esempio, nel 1970 venne pubblicato un libro chiamato *The Sound of Musical Plants* in cui gli esperimenti ebbero inizio attorno agli anni sessanta in America, in un periodo storico dove questa nazione stava attraversando una rivoluzione culturale legata anche all'avvento della musica country e in particolare del rock & roll.

In questo contesto culturale, Dorothy Retallack che era una musicista e aveva alcuni interessi per la biologia, non apprezzando molto queste controculture, pubblicò nel libro i suoi esperimenti sonori sulle piante per analizzarne la reazione ai diversi stili musicali e dimostrare che questa nuova corrente musicale poteva nuocere alla salute delle giovani generazioni.

Tuttavia queste ricerche dimostrarono carenti basi scientifiche; pochi campioni analizzati, meno di cinque; poche ripetizioni dei vari esperimenti che non portavano a reali analisi statistiche; i casi venivano studiati in situazioni poco ottimali come l'ambiente domestico, fuori casa o nella casa dei vicini che non consegnavano realmente un'analisi neutra; i vari parametri erano valutati in maniera molto arbitraria come per esempio l'umidità di una foglia, che veniva classificata semplicemente toccandola con un dito ed esprimendo una variabile soggettiva a riguardo; le citazioni che la Retallack inserisce in questo libro non fanno riferimento a biologi ma ad esperti di teologia, di musica e ad altre istituzioni che non riguardano ambienti strettamente scientifici; infine questi esperimenti non sono stati ripetuti da altri laboratori nel mondo.

La ricerca si basa sull'auto correzione dovuta a continui esperimenti, sia personali che di altri laboratori che possono poi essere comunemente accettati.

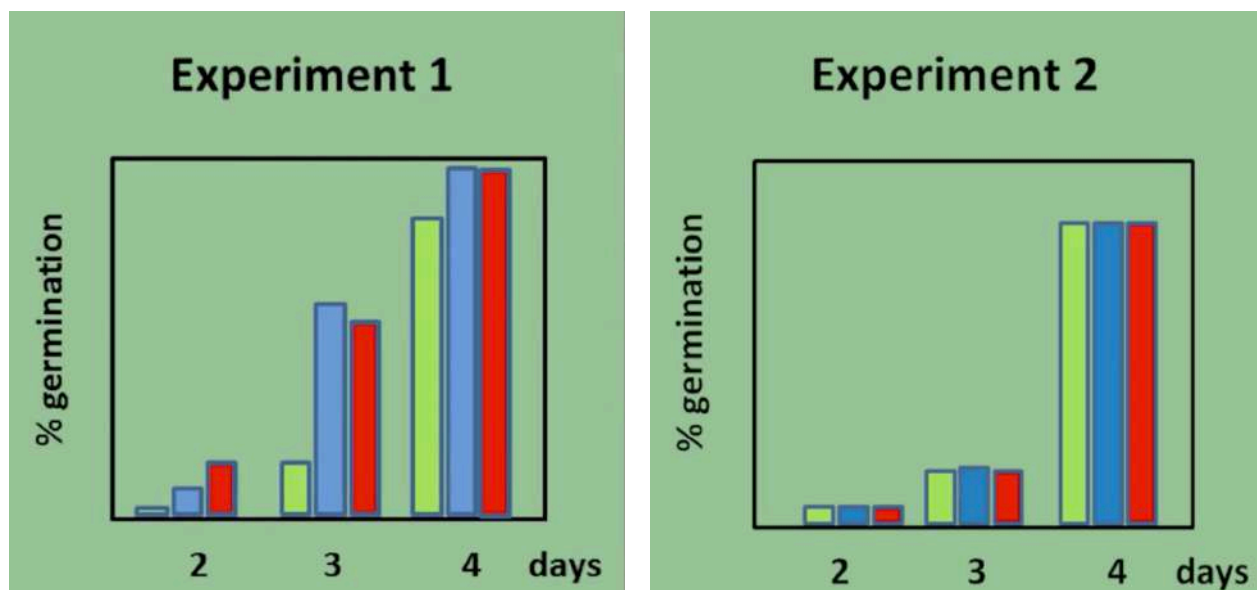
In un'altra ricerca condotta da Peter Scott e pubblicata in un libro chiamato *Physiology and Behaviour of Plants*, analizzò le reazioni di una pannocchia di mais alla musica di Mozart (Sinfonia concertante K. 364), Meat Loaf (Bat out of Hell) e in assenza di musica.

Questa indagine venne effettuata misurando la percentuale di germinazione nell'arco di alcuni giorni e notò che entrambe le piante che ricevevano la musica di Mozart o quella di Meat Loaf, senza grosse differenze tra i due, producevano una percentuale più alta rispetto a quella in silenzio.

Il passaggio successivo fu quello di introdurre tra gli speaker e i semi un piccolo ventilatore atto a spazzare via il calore prodotto dagli altoparlanti sulla pianta. Questa variazione mostrò che nei giorni a seguire non c'era più differenza tra i tre casi studiati, notando che la crescita non era dovuta alla musica ma al calore degli altoparlanti.

Studi successivi hanno confermato che le piante non sono influenzate nella crescita tanto da un genere musicale ma dalle frequenze sonore di cui è composta certa musica: in particolare le frequenze basse; nell'intervallo tra i 100-500 Hz, favoriscono la germinazione dei semi,

l'accrescimento delle piante e l'allungamento della radice; mentre altre frequenze, più alte, hanno un effetto inibitorio.



2.9 Esperimento di Peter Scott, a sinistra senza il ventilatore e a destra con il ventilatore. Rettangolo verde la pianta lasciata in silenzio, azzurro con Meat Loaf e rosso con Mozart

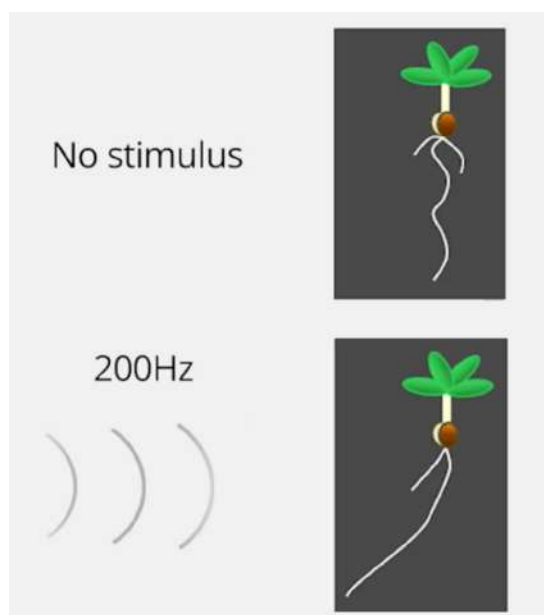
Nel 2012 alcuni ricercatori come Stefano Mancuso e Daniel Robert hanno sperimentato su delle *Arabidopsis Italiana*⁴², che lasciate crescere nel silenzio le radici si propagavano dritte, ma con degli altri esemplari, applicandovi delle frequenze basse dell'ordine di 200 Hz, queste venivano deviate verso la sua fonte d'origine.

Sempre all'interno di questa ricerca condotta in Italia, ha dimostrato che le radici, oltre a percepire i suoni e ad applicare un meccanismo di fonotropismo⁴³, producono anche suoni.

Questi suoni sono stati battezzati col nome di *clicking*, perché assomigliano proprio a dei click la cui natura è riconducibile alla rottura delle pareti

cellulari, formate da cellulosa e quindi abbastanza rigide, durante la crescita delle cellule.⁴⁴

Pur non essendo prodotti dalle piante in modo volontario, la loro importanza potrebbe essere cruciale sul fatto che possano comunicare anche in questo modo sottoterra; del resto le radici



⁴² Questa pianta viene molto usata nei laboratori grazie alla sua capacità di germinare in breve periodo e perché è la prima pianta che nel 2000 è stata ricostruita artificialmente per intero del suo genoma, composto da 26500 geni

⁴³ Dal greco *phónos*, suono e *trépein*, volgere

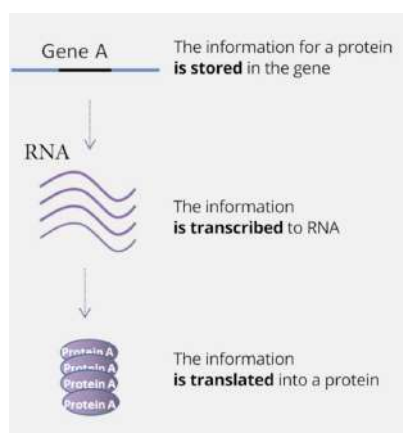
⁴⁴ M.GAGLIANO, S.MANCUSO, D.ROBERT (2012), *Toward Understanding Plant Bioacoustic*, in *Trends in Plants Science*, 17(6), pp. 323-325

mostrano un comportamento organizzato, tipico degli sciame, che presuppone una forma di comunicazione fra gli apparati radicali delle singole piante per esplorare il terreno in modo efficiente, allo scopo di indirizzare la crescita.

Negli anni a seguire le tecnologie sull'analisi biologica hanno fatto enormi passi avanti, infatti gli scienziati possono oggi, in un singolo esperimento, osservare la reazione di tutti i geni di un organismo a specifiche condizioni. Nel 2016, un gruppo di ricercatori dell'università di Yeungnam in Korea, ha esaminato come il suono modificasse effettivamente la trascrizione di queste informazioni nei geni dell'*Arabidopsis*.

Nell'esperimento monitoravano il cambiamento e la reazione dei geni coinvolti al suono, evidenziando che almeno 59 geni erano indotti dal trattamento del suono, di cui 23 erano gli stessi stimolati dai geni del tocco⁴⁵. Bisogna considerare che un gene si attiva a specifiche condizioni ambientali, come accadono per i recettori del tatto, dopodiché invia questo segnale alle molecole RNA che si occupano come un proxy di generare le proteine. Più alte sono le proteine prodotte, più alta è la reazione che viene coinvolta da quello specifico gene.

2.10 A sinistra uno schema esemplificativo del processo



di un gene, a destra è possibile vedere i dati ottenuti

dall'esperimento dell'università di Yeungnam; i nomi evidenziati in marroncino sono i geni in comune con quelli stimolati dal gene del tocco. Più è vivido il

colore rosso più alta è la quantità di proteine prodotta dal gene con la stimolazione del suono, in questo caso 500 hz, in verde molto meno, in nero nessuna reazione

L'utilità di una pianta nel percepire queste frequenze sonore sono indotte dallo scopo biologico per cui una certa frequenza si origina.

Nel caso delle radici per esempio, un motivo può essere che quelle basse frequenze veicolino gli apici radicali a trovare una sorgente d'acqua che scorre sottoterra, come dimostrato in alcuni studi



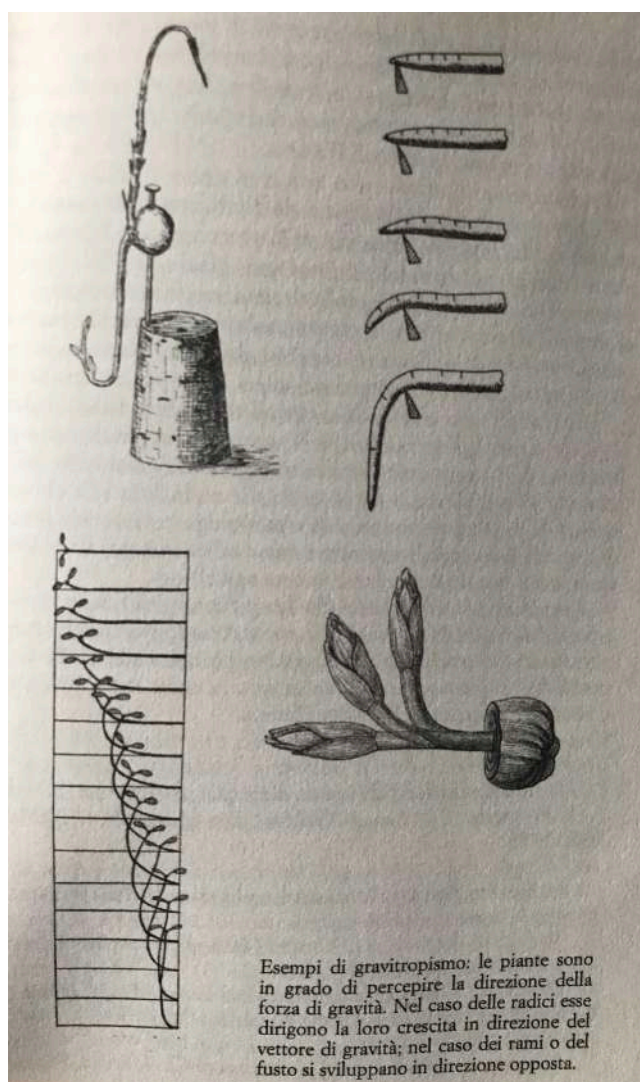
⁴⁵ <https://www.nature.com/articles/srep33370.pdf>

specifici condotti da Monica Gagliano nell'università del Western Australia⁴⁶, così come possono nelle foglie far scattare meccanismi di difesa in presenza di vibrazioni causate dal masticamento di un insetto erbivoro, come è accaduto nella ricerca condotta da Heidi M. Appel e Reginald B. Cocroft⁴⁷. In entrambi i casi è bene sottolineare nuovamente, come abbiamo via via esaminato, che la pianta percepisce il suono come conseguenza ad uno stimolo meccanico legato a frequenze specifiche.

2.6 Altri sensi

In realtà le piante non possiedono soltanto questi cinque sensi a noi familiari, ma ne dispongono molti di più, almeno altri quindici sensi che sono finalizzati al loro sostentamento e alla loro capacità nell'adattarsi all'ambiente in cui vivono.

Senza entrare troppo nel dettaglio di ognuno di essi ne indichiamo alcuni; le piante possono percepire con precisione l'umidità del terreno, possono misurare e riconoscere un elevatissimo numero di gradienti chimici contenuti sia nell'aria che nel sottosuolo e capire se sono inquinanti, quindi dannosi per loro o importanti e utili alla loro sopravvivenza; riescono ad avere una percezione dello spazio che le circonda, comunemente definito come propriocezione, legato alla loro capacità di percepire la gravità ed essere geotropiche⁴⁸, che le permette costantemente di orientare le radici in direzione positiva alla gravità e le foglie in direzione negativa.



⁴⁶ <https://www.researchgate.net/publication/315811492> Tuned in plant roots use sound to locate water

⁴⁷ <https://www.researchgate.net/publication/263806504> Plants respond to leaf vibrations caused by insect herbivore chewing

⁴⁸ Capacità di cambiare direzione in relazione alla gravità terrestre

3.1 Visualizzazione dei dati raccolti

Al fine di comprendere come realizzare questa performance ho cercato di testare personalmente i dati scientifici ottenuti dal secondo capitolo con i sensori che disponevo. Questi sensori, oltre a confermare o meno quanto ho raccolto, verranno utilizzati anche nel momento della performance con le piante per creare un ponte comunicativo con loro.

Devo subito precisare che i dati che ho cercato di visualizzare e raccogliere non sono rigorosamente scientifici, in quanto non disponevo né della condizione né degli ambienti utili per poter raccogliere dati realmente oggettivi. Piuttosto mi sono limitato a trovare dei parametri e delle condizioni comuni e reiterabili al momento dell'atto performativo.

Il dispositivo che ho utilizzato per questa visualizzazione dei dati scientifici e che utilizzerò per entrare in relazione con le piante a livello musicale è un MIDI Sprout⁴⁹, prodotto nel 2014 da parte di Data Garden, una piccola compagnia situata in Canada, in seguito ad un finanziamento dal basso su Kickstarter⁵⁰, al quale presi parte.

Questo dispositivo misura, tramite due sensori da inserire al suo ingresso, la quantità elettrica che scorre sulla superficie analizzata. Questo processo nell'uomo viene definito come la risposta galvanica della pelle (GSR), anche chiamata Attività Elettrodermica (EDA) e Conduttanza Cutanea (SC), ovvero la misura delle variazioni continue nelle caratteristiche elettriche della pelle, come ad esempio la conduttanza, a seguito della variazione della sudorazione del corpo umano⁵¹.

Nella pianta questo processo serve a monitorare quanto flusso elettrico è attivo durante la sua attività biologica coinvolta, essendo la risposta elettrica quella più rapida, rispetto a quella chimica, è anche la più utile da considerare nell'atto di una performance di media durata.

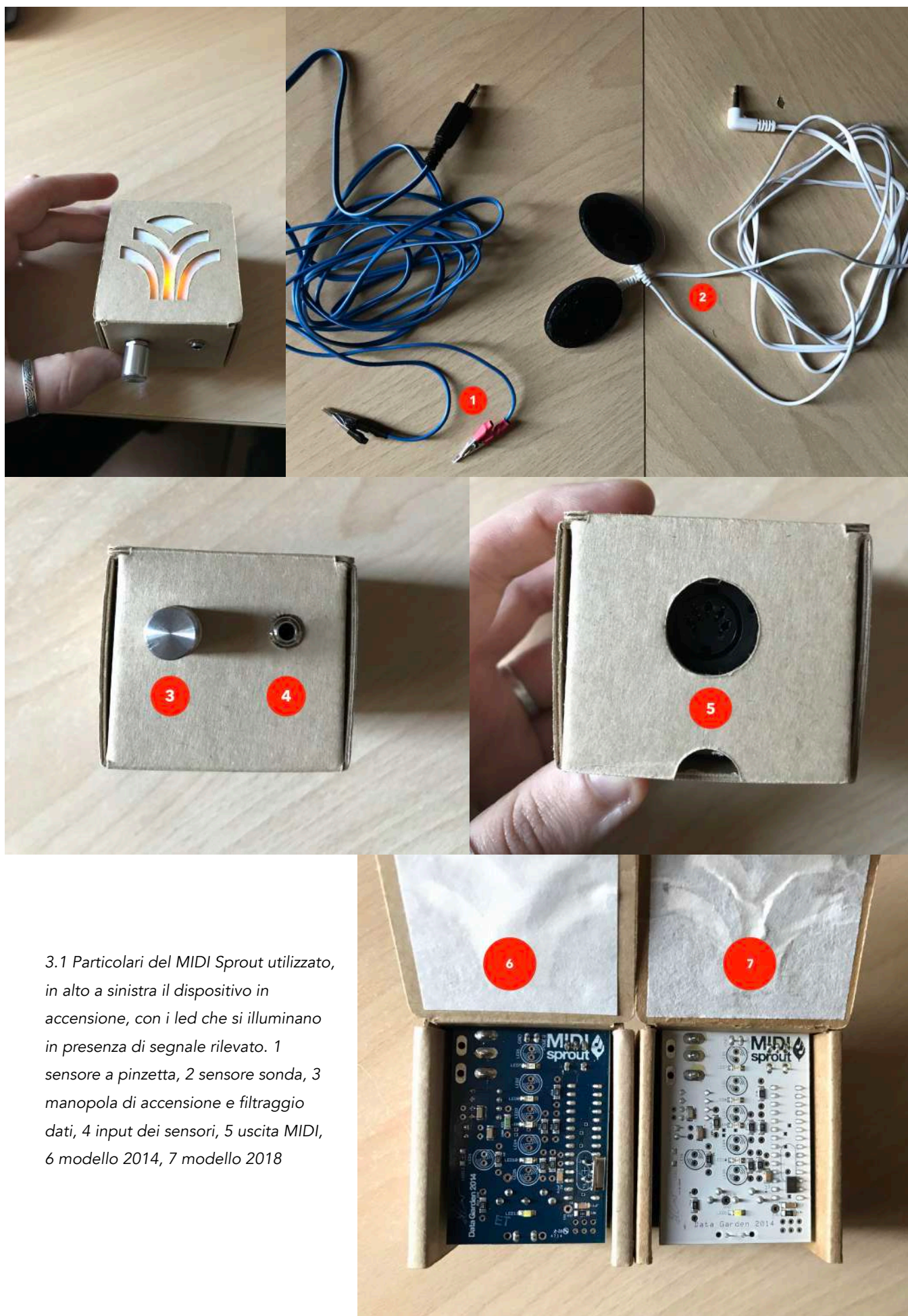
Inoltre il MIDI Sprout si occupa di scalare queste fluttuazioni di segnale elettrico in messaggi MIDI, precisamente come note e come control change, tramite un'uscita apposita.

Per l'analisi e la verifica di questi dati scientifici sono stati utilizzati due di questi dispositivi; il primo uscito nel 2014 a seguito della campagna Kickstarter precedentemente citata e un secondo modello uscito nell'Agosto 2018. La differenza tra questi due modelli, a parte qualche revisione del circuito interno, è legata all'introduzione di nuovi sensori esterni utilizzati per la rilevazione dei dati, composti da piccole pinze che permettono di essere attaccate a piccole foglie o a superfici poco piane, che risulterebbero complicate da essere analizzate con i sensori standard.

⁴⁹ <https://www.midisprout.com/>

⁵⁰ <https://www.kickstarter.com/projects/datagarden/midi-sprout-biodata-sonification-device?ref=backerkit>

⁵¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Electrodermal_activity

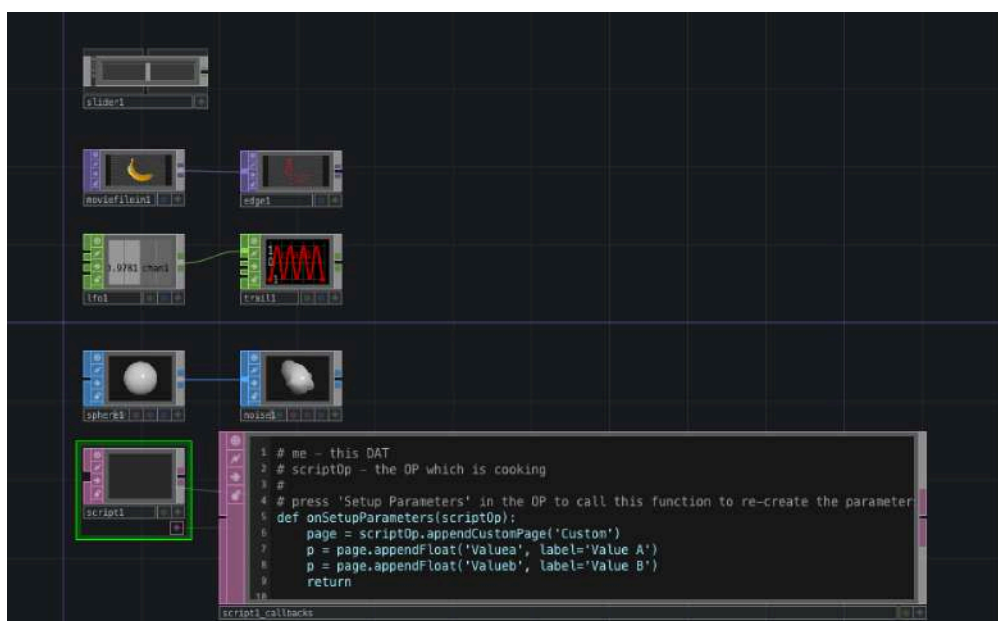


3.1 Particolari del MIDI Sprout utilizzato, in alto a sinistra il dispositivo in accensione, con i led che si illuminano in presenza di segnale rilevato. 1 sensore a pinzetta, 2 sensore sonda, 3 manopola di accensione e filtraggio dati, 4 input dei sensori, 5 uscita MIDI, 6 modello 2014, 7 modello 2018

Il funzionamento del MIDI Sprout è relativamente semplice: si attacca al suo ingresso uno dei sensori specificati, i quali sono attaccati alla superficie da analizzare. Il dispositivo viene poi acceso ruotando la manopola 3 della figura 3.1, la quale, oltre ad accendere il dispositivo, ha la possibilità di funzionare da threshold per i dati da acquisire; in senso antiorario i dati raccolti hanno bisogno di una maggiore escursione per essere rilevati, in senso orario ogni minima variazione viene percepita e considerata. Questi dati rilevati vengono poi restituiti sotto forma di messaggi MIDI tramite la sua uscita 5 in figura 3.1, che è impostato per tutti i dispositivi sul canale 1 e Control Change 80.

Per la visualizzazione di questi dati è stato usato il software TouchDesigner della Derivative, che è un linguaggio di programmazione visuale molto simile a Max/MSP, specializzato in particolare modo alla renderizzazione in tempo reale di contenuti visivi e multimediali. TouchDesigner deriva dal programma di computer grafica 3D Houdini, utilizzato in moltissimi film per la sua enorme flessibilità nella gestione di effetti visivi digitali, con la specialità di poter gestire in tempo reale la generazione di animazioni ed effetti visivi.

Questo software si presenta con un interfaccia interattiva in cui si collegano dei moduli, chiamati operatori, che differiscono fra loro in seconda dell'ambito in cui operano; i TOP di colore viola sono dei moduli che lavorano sulle immagini 2D; i CHOP di colore verde sono dei moduli che vengono utilizzati per interfacciare TouchDesigner con i controller esterni, generare o riprodurre l'audio, generare degli involucri per delle animazioni e così via, i SOP di colore azzurro sono dei moduli responsabili per la generazione e manipolazione di oggetti 3D, i MAT di colore giallo sono dei moduli per applicare dei materiali e gli shader nella pipeline del rendering agli oggetti 3D; i DAT di colore rosa sono dei moduli che gestiscono matrici e tabelle di dati, testi, scripts di codice, XML; infine i COMP sono dei componenti che contengono molti operatori al loro interno per la gestione di interfacce grafiche, come slider e bottoni o altre astrazioni impostabili dall'utente:

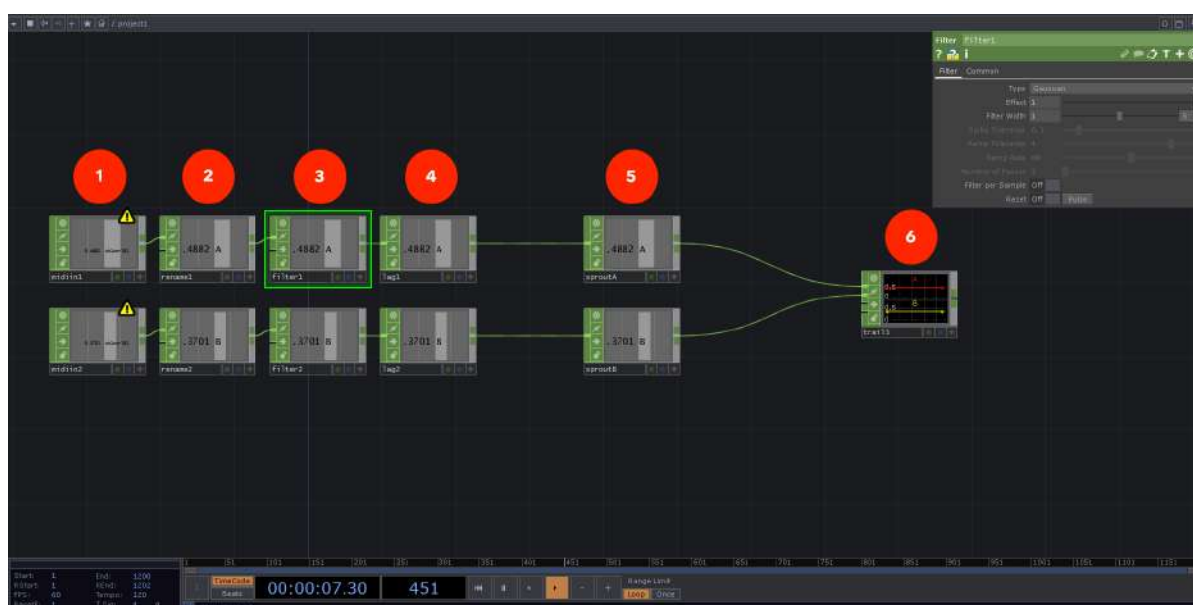


3.2 Esempio della schermata alias network di TouchDesigner con all'interno, dall'alto al basso, un operatore COMP, TOP, CHOP, SOP e DAT

L'insieme di tutti questi operatori nell'interfaccia di TouchDesigner viene definito come "network", oltre a questo approccio grafico e modulare alla programmazione, TouchDesigner permette anche di creare dei sistemi grafici procedurali grazie all'implementazione, su tutti i suoi operatori, del linguaggio Python.

All'interno di questo software ho quindi realizzato un piccolo network che mi permettesse di visualizzare graficamente nel tempo la variazione dei dati acquisiti dal MIDI Sprout, in modo da comprendere meglio il suo funzionamento ed osservare la reazione delle piante agli stimoli esterni.

Il network è composto essenzialmente da 6 moduli CHOP per la visualizzazione di un singolo MIDI Sprout, che si occupano di prelevare i dati acquisiti dal dispositivo MIDI; cambiare il canale e assegnare un nome univoco al Control Change che in questo caso risulta semplicemente A e B⁵²; i dati vengono filtrati tramite un filtro gaussiano per rimuovere i picchi eccessivi nella rilevazione dei dati; i dati vengono smussati con un leggero ritardo per evitare "scalature" tra un cambio di valore e l'altro; viene assegnato un nome di riferimento ai dati ottenuti; questo riferimento viene usato infine per essere visualizzato all'interno di un Trail CHOP, un modulo che si occupa di visualizzare una storia dei dati acquisiti.



3.3 Network del visualizzatore di dati, i moduli CHOP sono raddoppiati per l'utilizzo di due dispositivi MIDI Sprout. **1.** Acquisizione del canale MIDI e dei rispettivi dati del MIDI Sprout **2.** rinominazione dei dati **3.** filtro gaussiano **4.** smussatore dei dati tramite un Lag CHOP **5.** Null CHOP utilizzato come riferimento ai dati raccolti **6.** Trail CHOP utilizzato per visualizzare i dati raccolti

⁵² Questo perché, come specificato precedentemente, il MIDI Sprout ha di default per tutti i suoi dispositivi l'assegnazione del Control Change al numero 80. Per fare in modo che non entrino in conflitto tra loro, viene cambiato il canale e assegnato un nome univoco

I dati raccolti, che verranno proposti nel prossimo paragrafo, sono stati raccolti all'interno di un'istantanea temporale di 2 minuti e 30 secondi. Ho utilizzato questo lasso di tempo sia per ottenere un quantitativo di dati sufficientemente ampio per osservare le variazioni della pianta, sia per darmi un limite temporale al quale un certo tipo di reazione poteva avvenire sulla pianta.

Essendo una performance live, dovevo capire quali stimoli esterni potevano far scattare un risultato in tempi relativamente brevi.

Prima di procedere nella visualizzazione di questi risultati, ho cercato di capire in che modo interpretare questi dati e osservare le impostazioni differenti del MIDI Sprout.

Infatti la prima cosa da notare è che le piante hanno un flusso continuo di dati oscillanti, ricordando molto un andamento randomico e aleatorio.

Non avendo punti di riferimento precisi, ho valutato quindi il range in cui avveniva questo flusso di dati; in TouchDesigner i dati in ingresso dei dispositivi MIDI, in particolare del Control Change, vengono automaticamente scalati da 0 a 1.

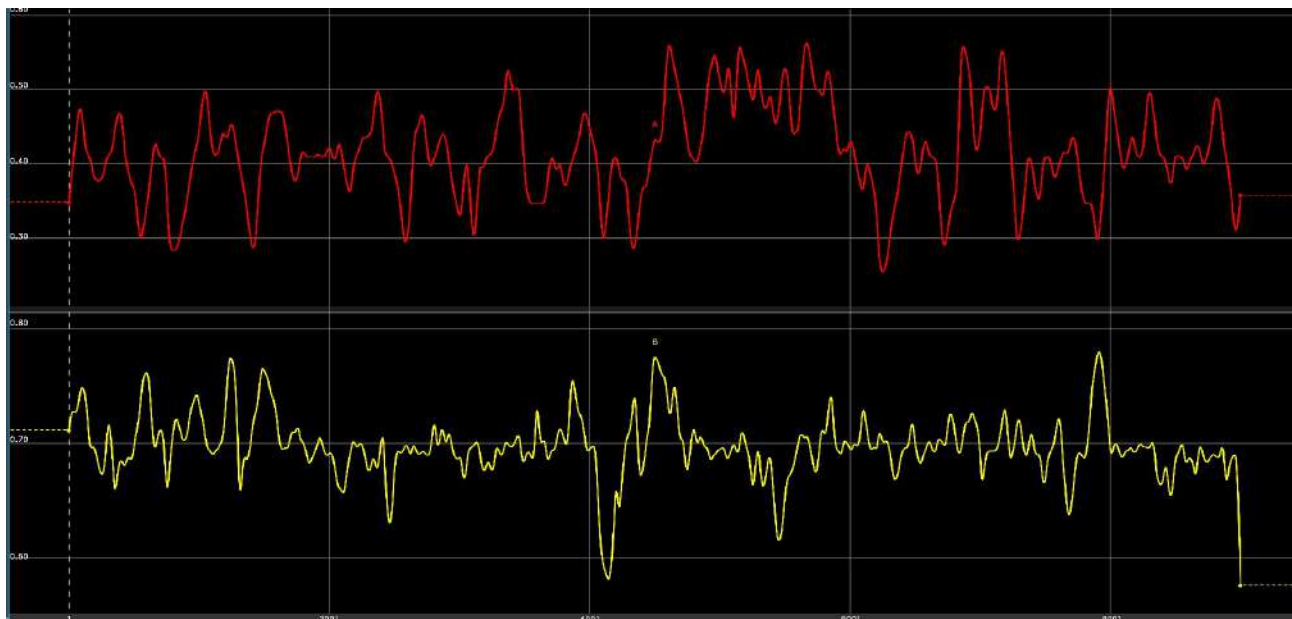
Ho quindi interpretato questo range come l'attività percentuale della pianta in relazione al suo flusso elettrico e ho dato importanza a questo parametro per capire, tra un test e l'altro, se la pianta era in quel momento molto attiva o meno. Inoltre ciò mi permetteva di valutare quanto cambiamento avveniva, con degli stimoli esterni, rispetto al range di partenza:

Range	Elettricità	Control Change
MAX	30 mV	1.
MIN	-70 mV	0.

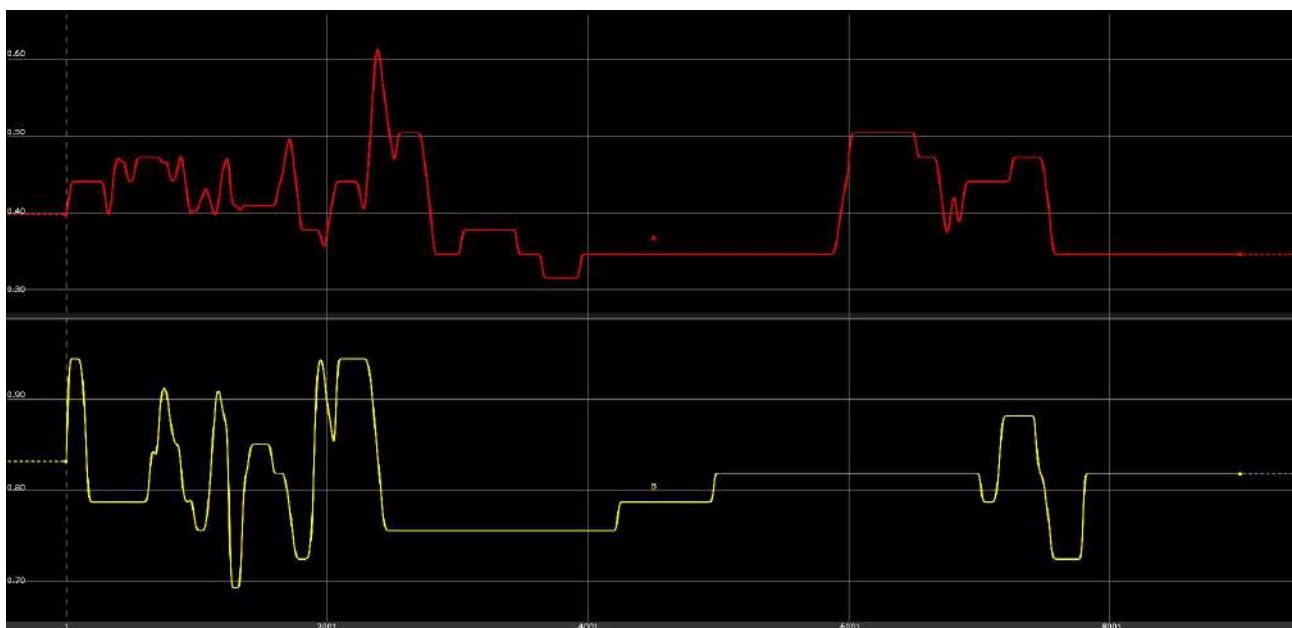
Come precisato dall'immagine 3.1, il MIDI Sprout dispone di un controllo threshold del flusso di dati ottenuti dalla pianta. Questo parametro se da una parte non rende oggettiva l'indagine dei dati, in quanto questi vengono filtrati costantemente ad un threshold particolare, si rende molto utile in fase compositiva perché permette eventualmente di utilizzare il flusso dei dati come dei trigger, che devono attivarsi entro una certa soglia per far scattare un processo sonoro.

Osservando la figura 3.4 e 3.5 è possibile comprendere come possa variare la risoluzione di questo flusso di dati. In entrambi i casi, così come nelle successive istantanee, abbiamo una finestratura di 2 minuti e 30 secondi⁵³, due sensori distinti dal colore rosso (A) e giallo (B); nel caso considerato il primo lavorava in un range che oscillava tra 0.3 e 0.6, mentre il secondo tra i 0.6 e 0.9; infine questi sensori erano attaccati alla stessa foglia di un'Aspidistra.

⁵³ Precisamente 9000 fotogrammi; TouchDesigner può lavorare a fotogrammi per secondo liberamente impostabili dall'utente, nel limite delle capacità tecniche del computer nel gestire il network. In questi esempi l'impostazione è di 60 fotogrammi al secondo



3.4 Dati rilevati dai MIDI Sprout con threshold al massimo, ovvero lascia passare ogni variazione di dati, in questo esempio è possibile notare come questi flussi di dati siano costantemente variabili



3.5 Dati rilevati dai MIDI Sprout con threshold al minimo, ovvero lascia passare solo ampie variazioni di dati, in questo esempio è possibile notare come i dati risultino più costanti scartando molte delle informazioni della figura 3.4

3.2 Test sulle piante

I seguenti test sono avvenuti nelle ultime settimane di Novembre, nell'arco di due weekend, raccogliendo i risultati su cinque piante differenti, precisamente un'Aspidistra, un alloro giapponese, un'echeveria, un echinocactus e un'opuntia. Avendo avuto la possibilità di eseguire questi test in una stagione autunnale ed in ambito domestico, le piante considerate sono delle piante grasse, sempreverdi e ornamentali.

Dopo questa prima selezione mi sono occupato di applicare i test su tutti e cinque i sensi su una sola pianta, l'Aspidistra, riproponendo quelli che ritenevo più efficaci sulle altre quattro piante, così da poter confermare l'efficacia di questi stimoli esterni.

3.2.1 Aspidistra



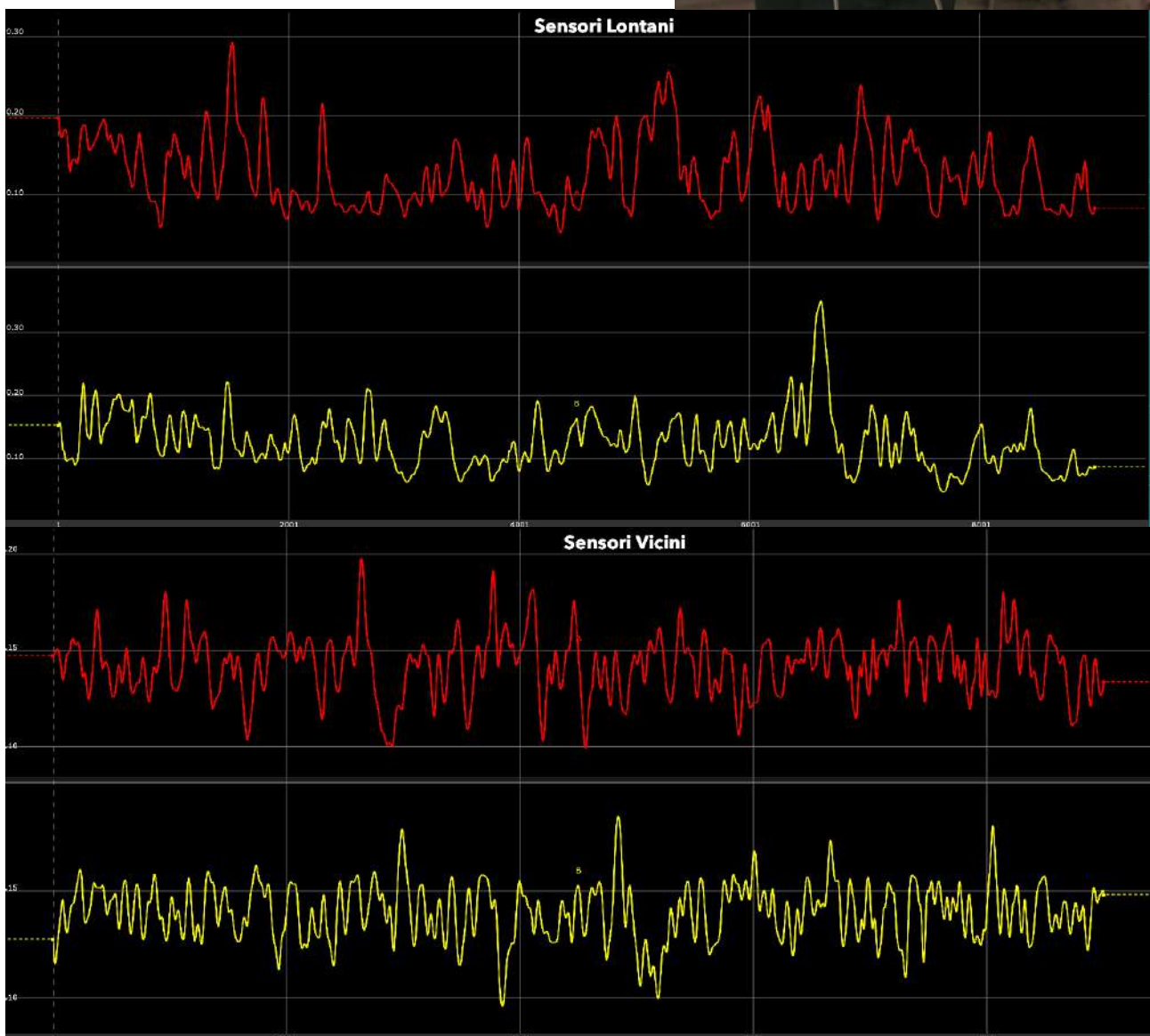
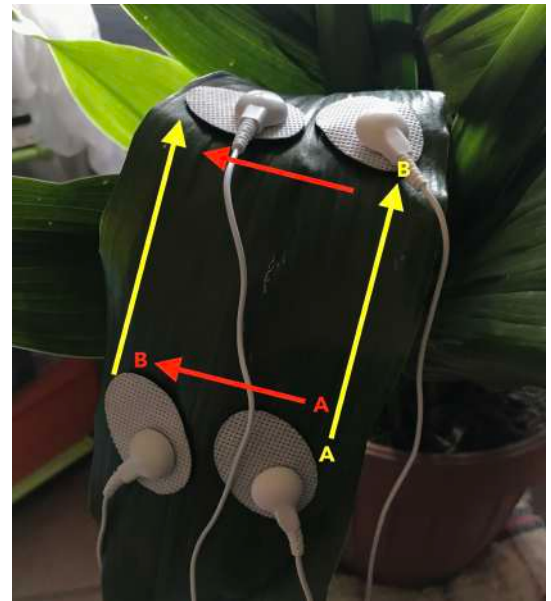
Il primo test è stato fatto analizzando lo stato naturale della pianta, così da avere un riferimento di controllo con i sensori applicati sia su una stessa foglia, analizzando la differenza nel tenerli vicini o lontani tra loro, e su foglie diverse, facendo un confronto sulla sua attività biologica durante la mattina intorno alle undici e la sera intorno alle nove.

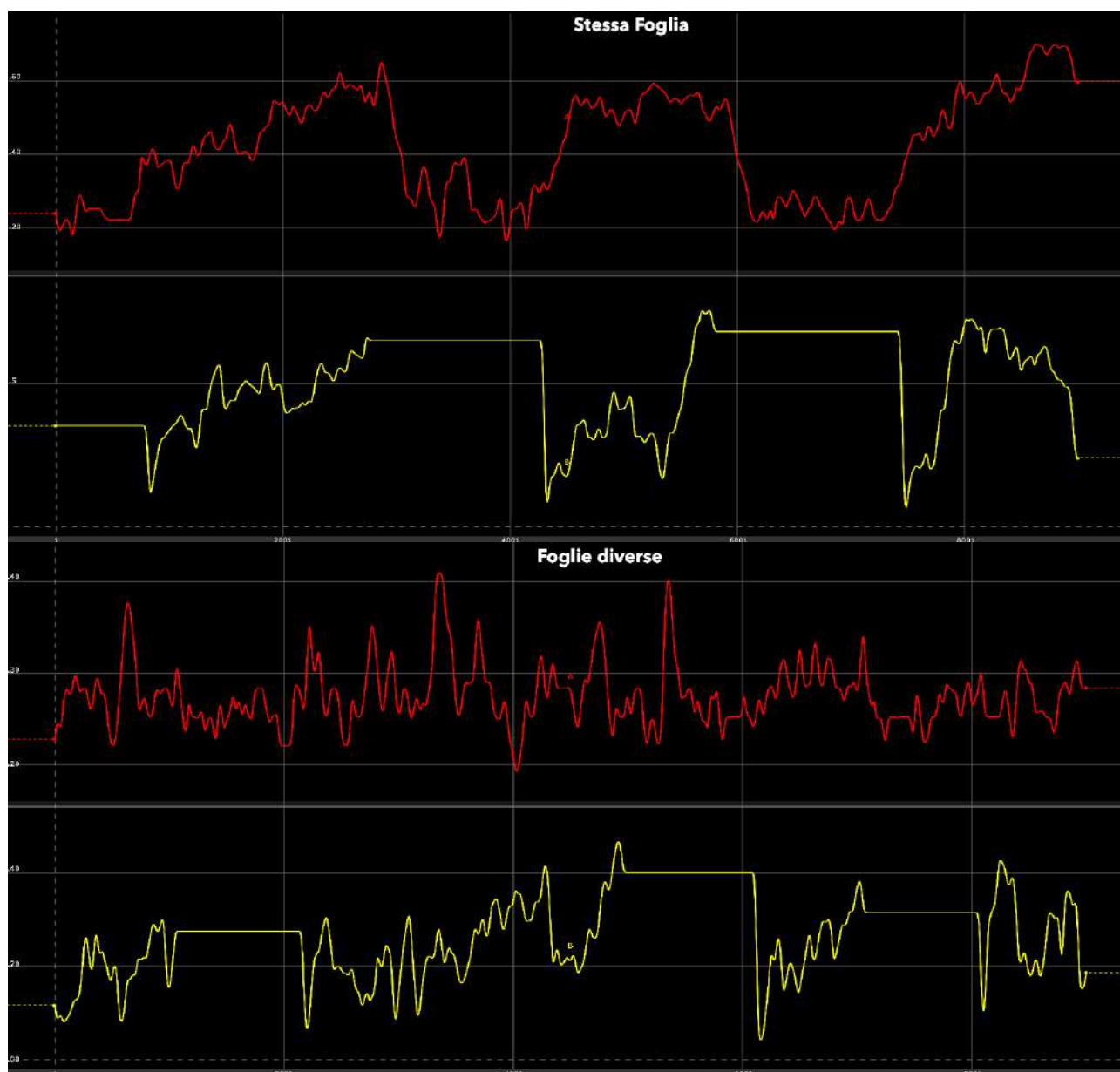
Da questo test ho rilevato che non vi era grossa differenza nell'attività biologica della pianta tra mattina e sera, questo complice del fatto che le mattine erano molto nuvolose e la presenza di qualche schiarita aveva evidenti ripercussioni sulla sua attività, registrando degli innalzamenti nei valori misurati. Più evidenti invece le differenze di posizionamento dei sensori sulle foglie, questi infatti misuravano valori maggiori se posti distanti tra loro e valori minori quando erano ravvicinati. Inoltre l'attivazione e la disattivazione di uno dei due dispositivi influenzava la misurazione dell'altro

quando erano posti sulla stessa foglia, mentre risultavano neutri quando posti su foglie diverse, avvalorando l'idea che foglie diverse agiscono come entità indipendenti rispetto ai cambiamenti percepiti, in questo caso a causa dei sensori, dalla foglia stessa.

3.6 Disposizione dei sensori; la freccia rossa indica il posizionamento ravvicinato, la freccia gialla il posizionamento lontano, considerando A e B i rispettivi sensori raggruppati per dispositivo

3.7 (sotto) Confronto dei dati ottenuti dalle due disposizioni; in rosso e giallo i due dispositivi MIDI Sprout. E' possibile osservare come il range della disposizione lontana sia più alta, dai 0.1 ai 0.3, rispetto a quella della disposizione vicina, dai 0.1 ai 0.15~0.2



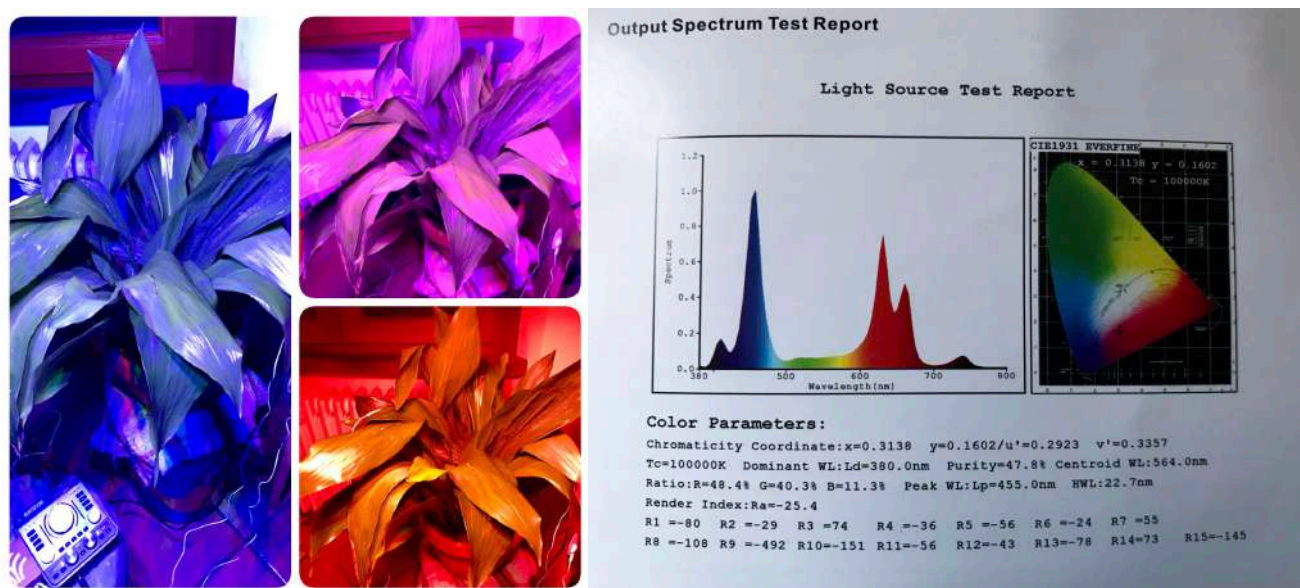


3.8 In questo esempio è possibile notare la differenza di reazione delle foglie ai sensori. Nel caso dei sensori posizionati sulla stessa foglia, si nota come allo spegnimento del dispositivo giallo, linea costante, si abbia un abbassamento dei valori rilevati da parte del dispositivo rosso con rispettivo aumento quando viene riattivato il dispositivo giallo. Nel caso dei dispositivi su foglie diverse invece questo non avviene, i dati vengono rilevati indipendentemente dal fatto che venga acceso o spento quello giallo.

In seguito a questi primi test di comprensione su come potevano variare le rilevazioni dei dati su foglie e momenti della giornata diversi ho cominciato ad applicare degli stimoli esterni seguendo i sensi analizzati dal capitolo 2.

Da ciò ho rilevato che i sensi dell'olfatto, del gusto e della vista non erano molto efficaci in combinazione con il MIDI Sprout, ipotizzando che ciò era dovuto dal tipo di pianta usata e alle tempistiche necessarie per l'ottenimento di un risultato, non rilevabile nei due minuti e mezzo. Nel primo caso ho provato a disporre sulle foglie e sul terriccio degli oli essenziali, nel secondo caso ho

provato a innaffiare la pianta con l'acqua e nell'ultimo caso ho utilizzato una lampada per la germinazione che possedeva la capacità di irradiare indipendentemente luce UV dai 380 ai 500 nm e IR dai 600 ai 700 nm.



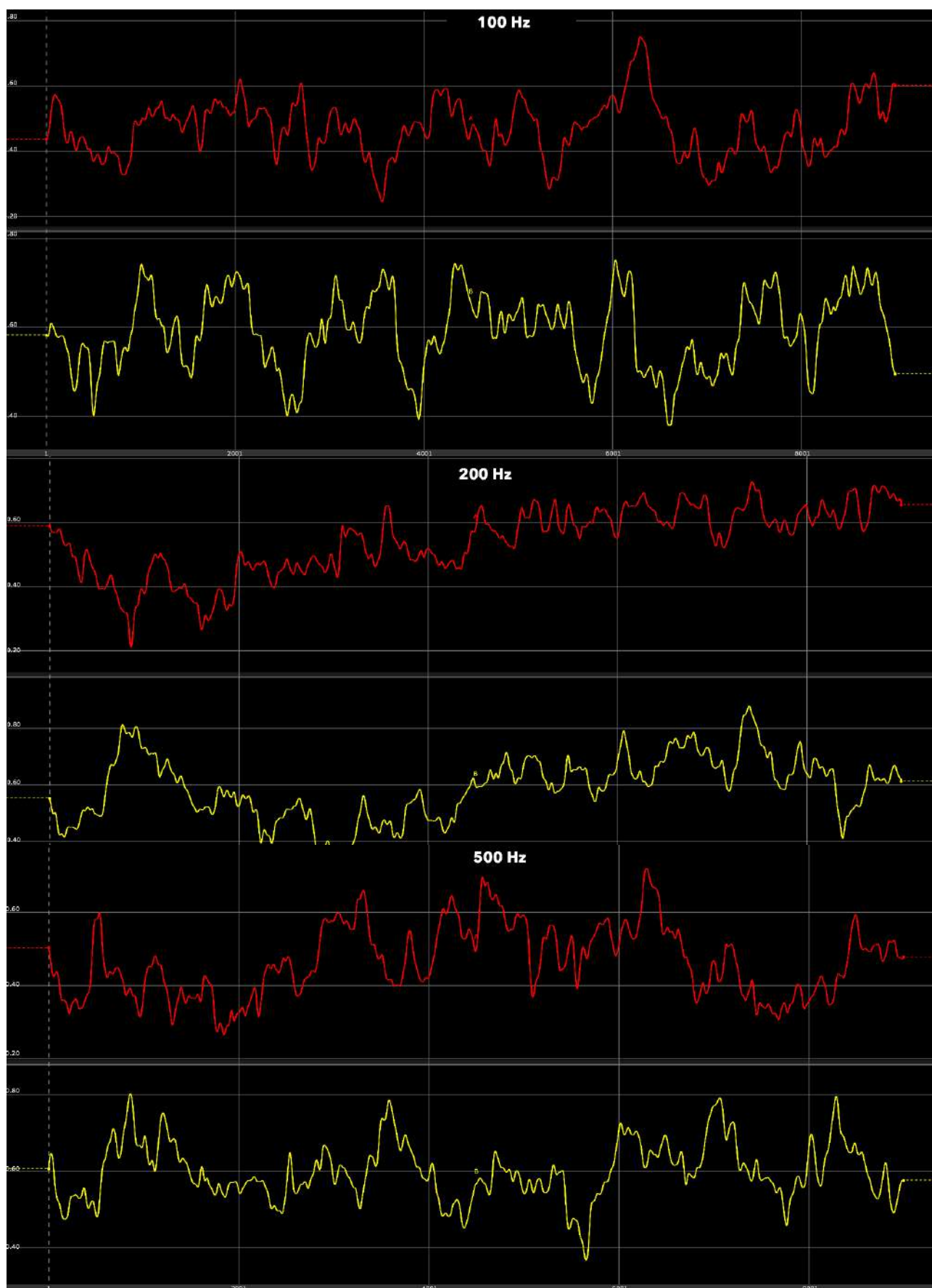
3.9 L'Aspidistra irradiata da varie luci, a destra i dettagli della luce usata

Per quanto riguarda il senso dell'udito⁵⁴ ho disposto una cassa in prossimità del vaso della pianta, irradiando in momenti diversi una sinusoide a -20dB con un battimento costante relativo alle frequenze di 100, 200 e 500 Hz. In seguito è stato irradiato il suono di un fiume in una foresta.

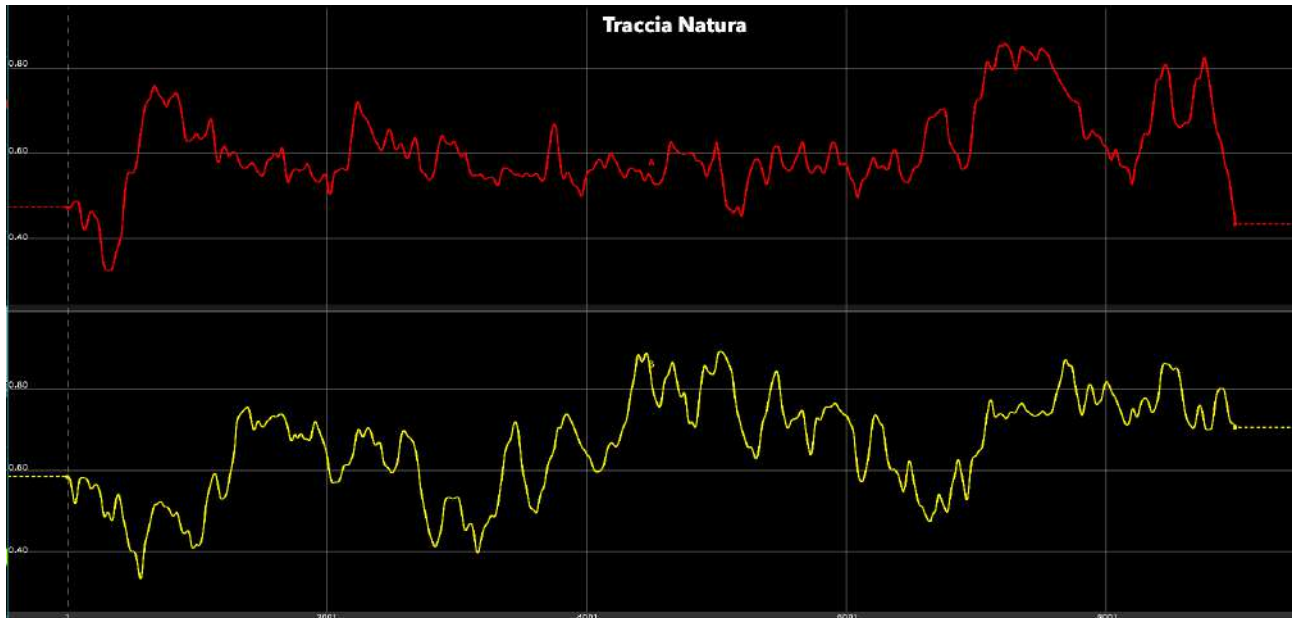


Questo test mi ha mostrato un cambiamento del range in cui operava l'attività biologica della pianta; ai 100 Hz e nella traccia della natura si registravano i valori più alti, mentre a 200 Hz si aveva un abbassamento rispetto ad un dispositivo e a 500 Hz un abbassamento rispetto all'altro. Per quanto non sia molto convinto che questo risultato dipendesse esclusivamente dalle vibrazioni, ho cominciato a considerare questi sensi appena analizzati come delle possibilità per creare delle scenografie contestuali piuttosto che come degli "attivatori" di determinate condizioni della pianta.

⁵⁴ Ovviamente per quanto raccolto dal secondo capitolo, si usa qui il senso dell'udito per una questione di riferimento umano, le piante non hanno propriamente orecchie



3.10 Reazione dell'*Aspidistra* alle diverse frequenze e al suono naturale (continua pagina successiva)

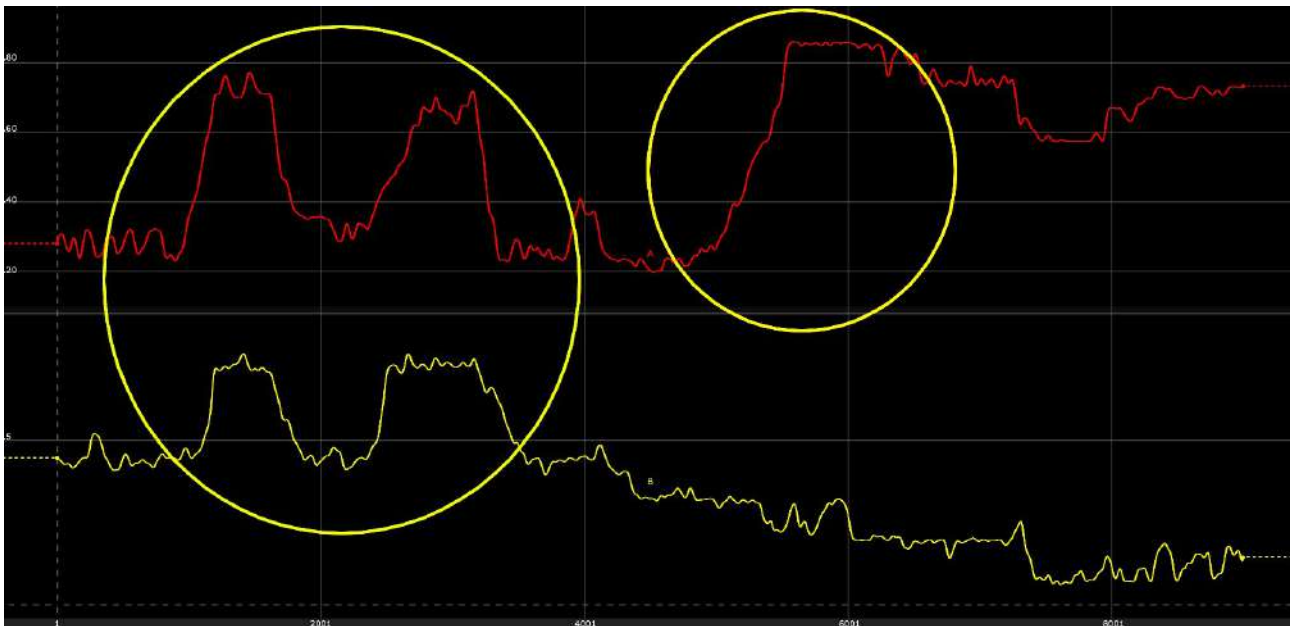


Infine per il senso del tatto sono stati rilevati i dati più interessanti per l'ottenimento di una reazione da parte della pianta. Per questo senso sono stati applicati vari metodi tenendo conto dei vari recettori coinvolti nella rilevazione di un contatto esterno; è stato utilizzato un phon e un ventilatore per la generazione di calore; un piccolo martello pneumatico giocattolo e le mani per la stimolazione dei meccanorecettori.

3.11 (sotto) Strumenti usati per il tatto. **A.** Phon **B.** Ventilatore **C.** Martello pneumatico giocattolo

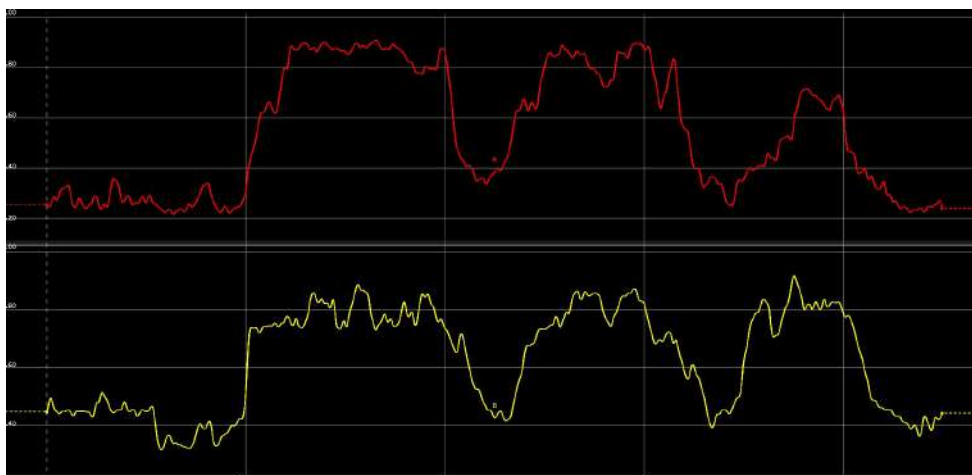


Con il phon la pianta reagiva diversamente se questo veniva semplicemente puntato contro o se veniva irradiato calore. Nel primo caso ho ottenuto dei picchi di reazione che mi hanno molto sorpreso visto che erano dovuti con il semplice puntamento del phon sulle foglie senza che questo irradiasse qualcosa. Lo stesso effetto non era ottenibile se il phon era staccato dalla corrente, quindi ho ipotizzato che fosse una questione legata all'impianto elettrico che era collegato in comune da tutti i dispositivi, ma in realtà, attaccando il phon a prese diverse e lontane da quelle utilizzate dai dispositivi, l'effetto si ripeteva comunque. E' possibile che questa reazione sia dovuta anche a qualche interferenza con i sensori. Quando il phon invece irradiava calore, la pianta non reagiva istantaneamente ma restituiva un'attività molto più intensa dopo alcuni secondi.

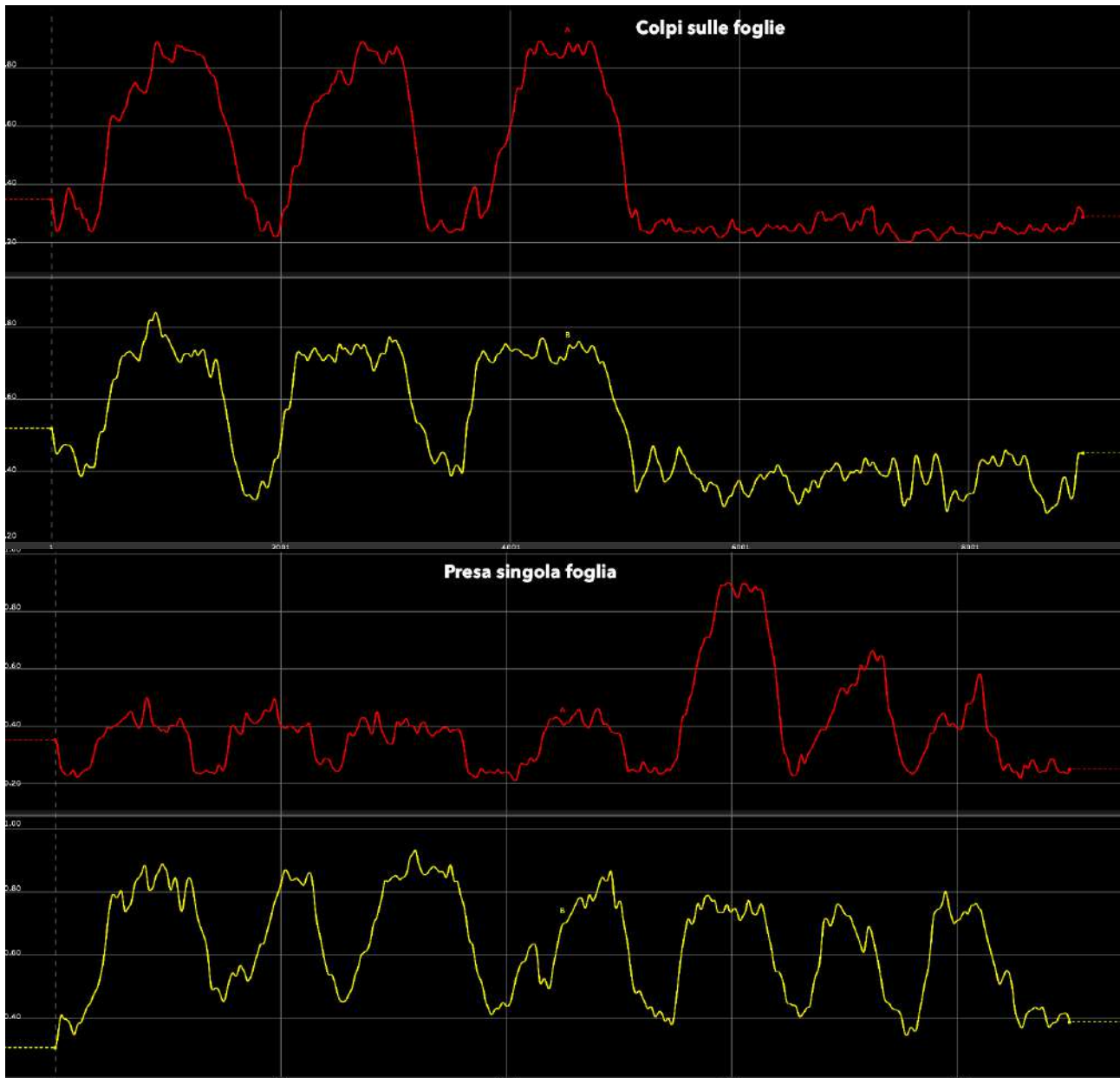


3.12 Risultati ottenuti con il phon. Il cerchio verde evidenzia la reazione nel momento in cui questo veniva semplicemente puntato sulle foglie senza irradiare calore, cerchio giallo il risultato dell'irradiazione del calore

Con il ventilatore l'effetto era il medesimo del puntamento del phon, nel momento in cui le ventole ruotavano in direzione delle foglie:



Infine per quanto riguarda il contatto con il martello pneumatico e le mani i risultati sono stati molto discostanti. La pianta non reagiva minimamente al contatto ripetuto della puntina del martello, mentre si rilevava una reazione più evidente con il contatto delle mani, probabilmente dovuto alla trasmissione di potenziale elettrico epidermico. E' interessante notare che il risultato ottenuto con la presa della mani avveniva su foglie diverse da quelle dove erano posti i sensori.



3.13 Risultati ottenuti con il contatto delle mani. I colpi sulle foglie avvenivano diffusamente su tutte le foglie, da notare i risultati del terzo picco in seguito alla cessazione dei colpi. Nella presa della singola foglia, venivano prese e strizzate singolarmente le foglie.

Dopo questi primi risultati ottenuti con l'Aspidistra, ho focalizzato la mia attenzione sul senso del tatto, dell'udito e ripescando il senso della vista per capire se nelle altre 4 piante da me considerate restituivano valori e condizioni affini.

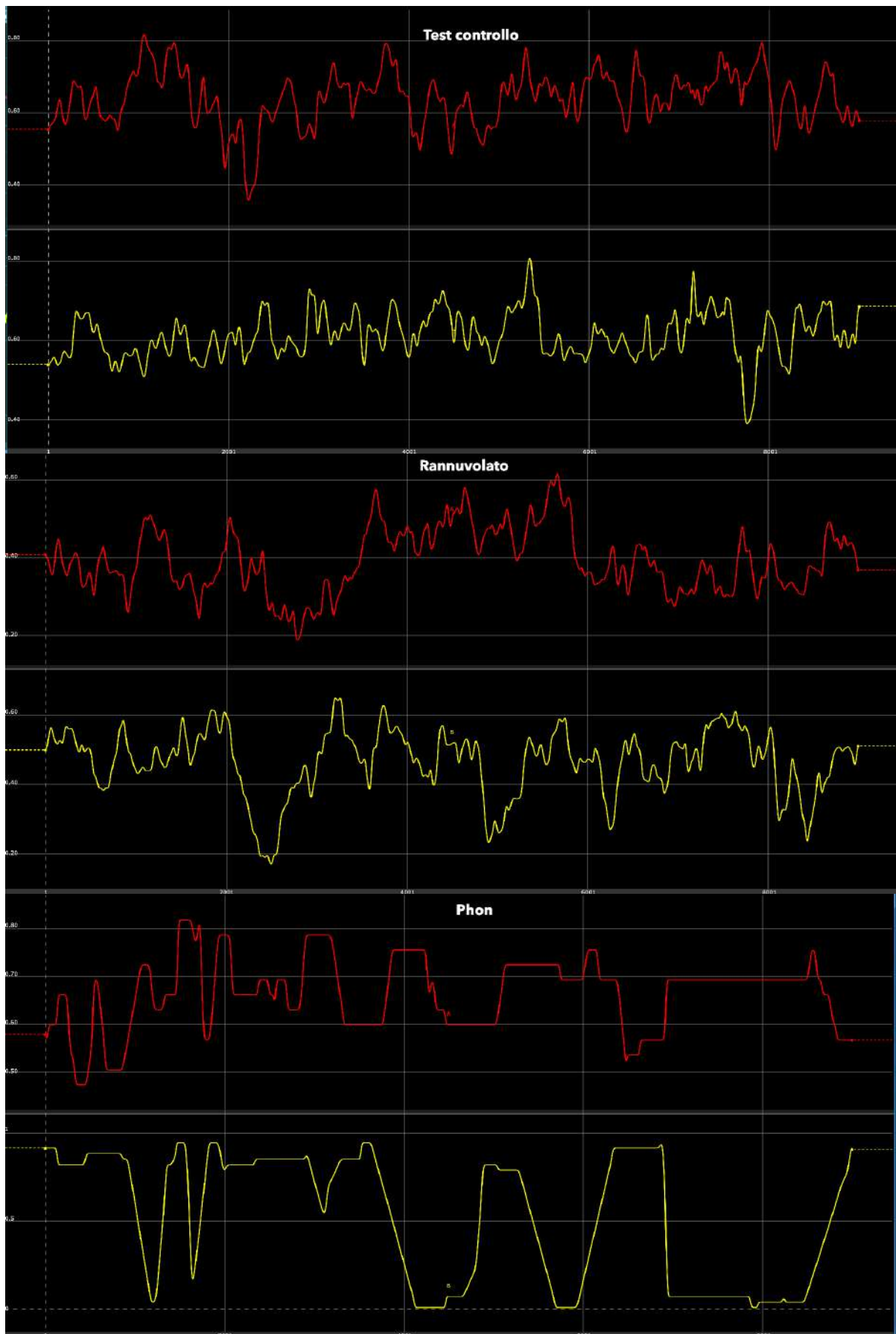
3.2.2 Alloro Giapponese



I test su questa pianta sono risultati positivi sugli stessi sensi stimolati dall'Aspidistra, inoltre la sua analisi di controllo è avvenuta in un momento della giornata abbastanza soleggiato, in cui i valori rilevati sono diminuiti alcune ore dopo, in seguito al rannuvolamento del tempo. Questo è visibile in figura 3.14 dove i valori di controllo oscillavano tra un range di 0.4 e 0.8, mentre nel rannuvolamento questi valori sono calati ad un range di 0.2 e 0.6.

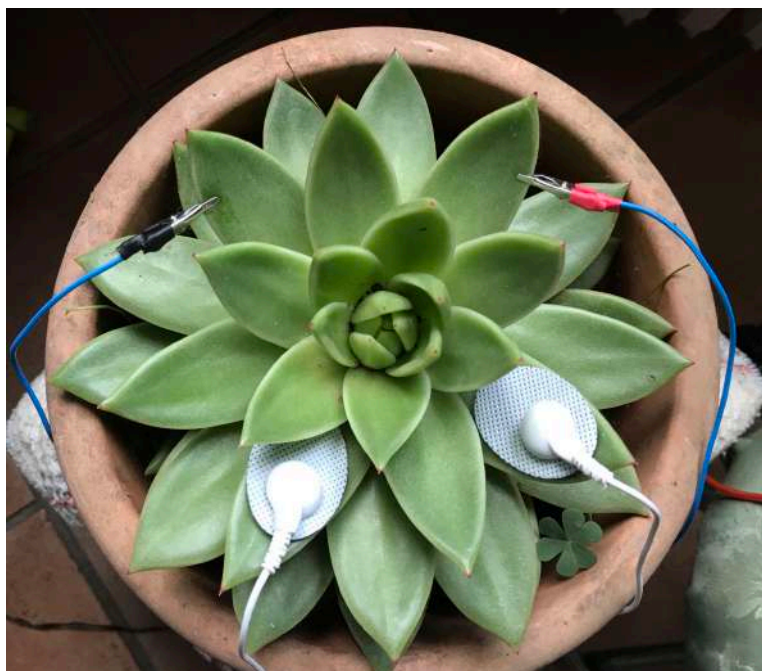
Il test sulla vista, applicando le luci UV e IR non hanno restituito risultati evidenti nel breve periodo, il test sonoro in questo caso ha mostrato una variazione nel tempo del range dei dati, non particolarmente percepibile sul momento; quindi la rilevazione di questo parametro mi ha lasciato alcune perplessità sull'effettiva dipendenza del suono rispetto ad altri agenti esterni che potevano agire nel mentre ad influenzare questa casistica. Di fatto a 100 Hz la pianta restituiva valori più alti di quelli ottenuti rispettivamente con 200 e 500 Hz, mentre la traccia sonora del fiume restituiva valori molto variabili.

Infine il test sul tatto ha confermato la stessa dinamica ottenuta con l'Aspidistra, dove il martello pneumatico giocattolo non restituiva cambiamenti evidenti rispetto a quelli ottenuti con il contatto della mano. I dati ottenuti con il phon e la variazione di temperatura, hanno restituito una risposta visibile in tempi brevi; in questo caso ho provato a visualizzare la reazione applicando ai due MIDI Sprout un threshold più alto, così da poter valutare la possibilità di usare questo parametro in fase performativa come è possibile osservare nell'ultima immagine in basso nella figura 3.14.



3.14 Le prime due immagini in alto mostrano la differenza di attività biologica della pianta in seguito al cambiamento del tempo avvenuto nell'arco di un'ora. In basso l'aumento del threshold e i picchi relativi al puntamento con e senza irradiazione del calore del Phon

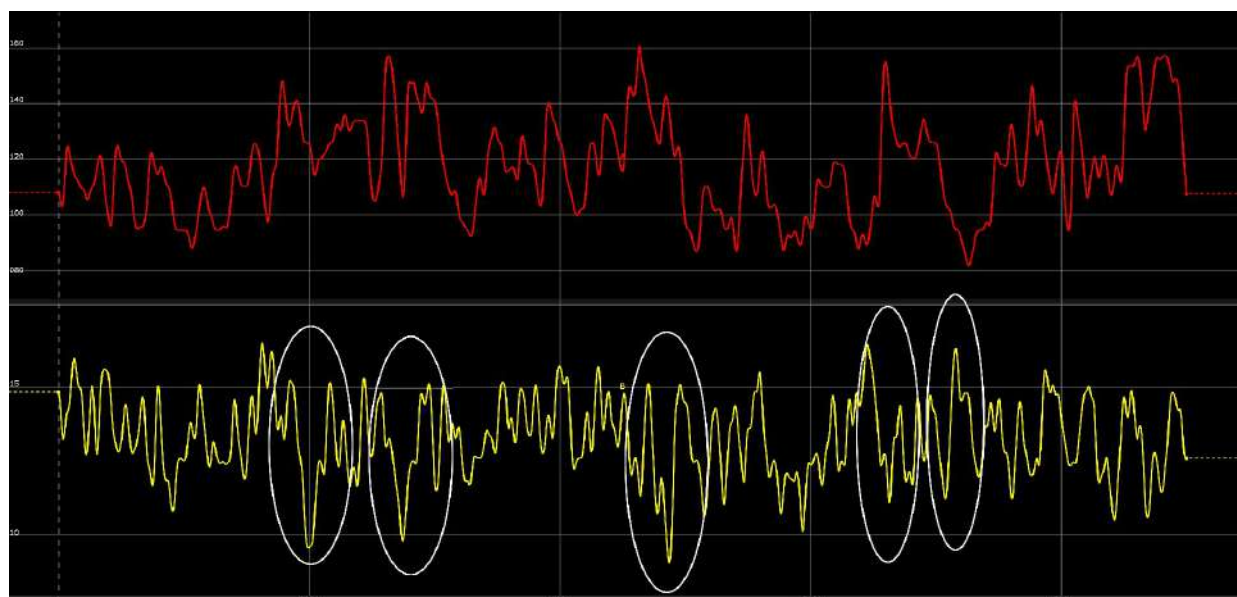
3.2.3 Echeveria agavoides



L'Echeveria, così come il cactus e l'opuntia che seguiranno, sono delle piante grasse, che si sono dimostrate per i sensori un po' più impegnative da monitorare, almeno con i sensori tradizionali del MIDI Sprout.

Quindi ho deciso di utilizzare a partire da questa pianta anche i sensori a pinza, in questo vengono usati entrambi i sensori, avendo con questa pianta ancora la possibilità di appoggiare quelli tradizionali sulle sue foglie.

Rispetto alle due piante precedenti l'Echeveria ha avuto nell'analisi da me effettuata un range dei dati molto più ridotto e basso. Sul piano sonoro non ho rilevato cambiamenti evidenti tra le varie frequenze e con la traccia del fiume. Sul piano tattile, in questo caso, la rilevazione con le mani e il martello pneumatico giocattolo non ha restituito particolari differenze, non reagendo a questi due stimoli così come per il phon. Si è rilevato interessante invece sul piano della vista e delle luci, come è possibile vedere dalla figura in basso, la pianta reagiva nel momento in cui avveniva l'accensione dell'UV o dell'IR. In questo caso tuttavia i dati che ho raccolto li ho ritenuti molto soggettivi e probabilmente il fatto stesso che il suo range era così basso poteva essere indice di una pianta in uno stato passivo dalla ricezione di stimoli esterni.



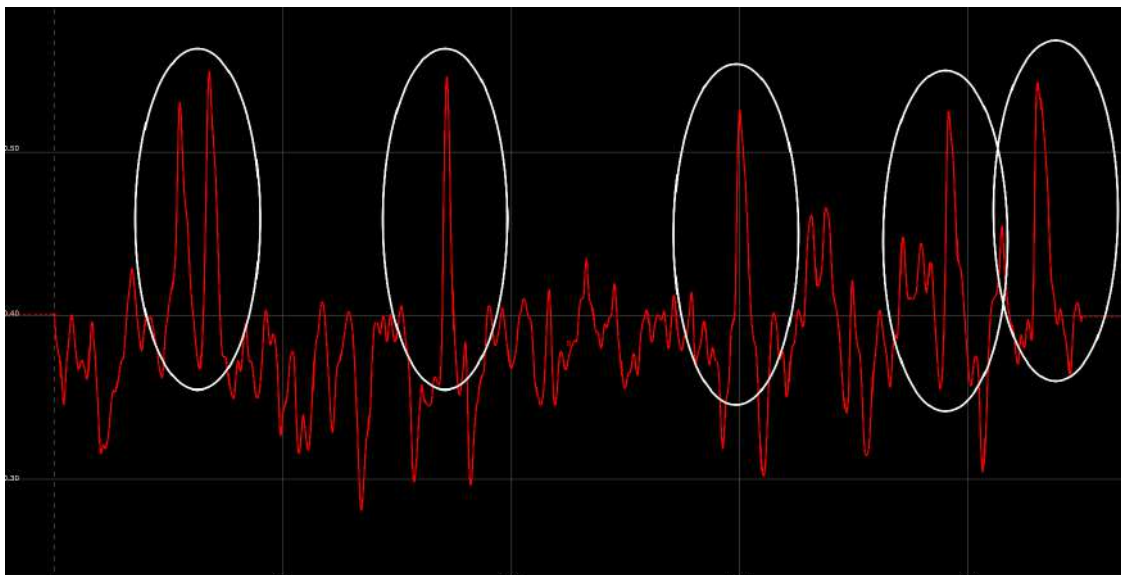
3.2.4 Opuntia



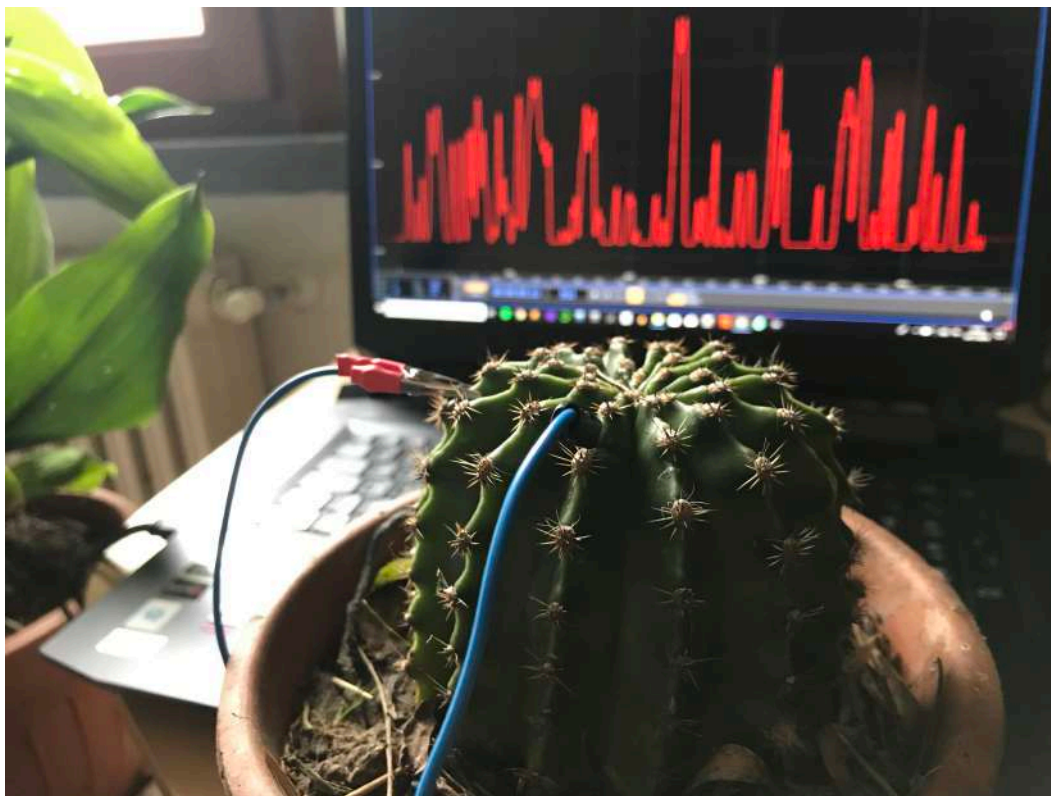
Con questa pianta, comunemente nota come fico d'india, così come per il cactus, ho utilizzato per l'indagine soltanto un dispositivo con i sensori a pinza.

Il tatto con le mani è stato evitato, per motivi facilmente intuibili, mentre è stato ripetuto il processo di rilevazione con la luce, il phon e il suono.

Ad una prima analisi di controllo la pianta restituiva valori medi e molto frastagliati con picchi continui attorno ai 0.3 e 0.5; con il suono non sono stati rilevati particolari cambiamenti da questo range di partenza, mentre con il phon o con l'accensione della luce UV o IR la pianta restituiva dei picchi in risposta dei picchi all'interno del suo range di controllo come è possibile notare qui sotto:

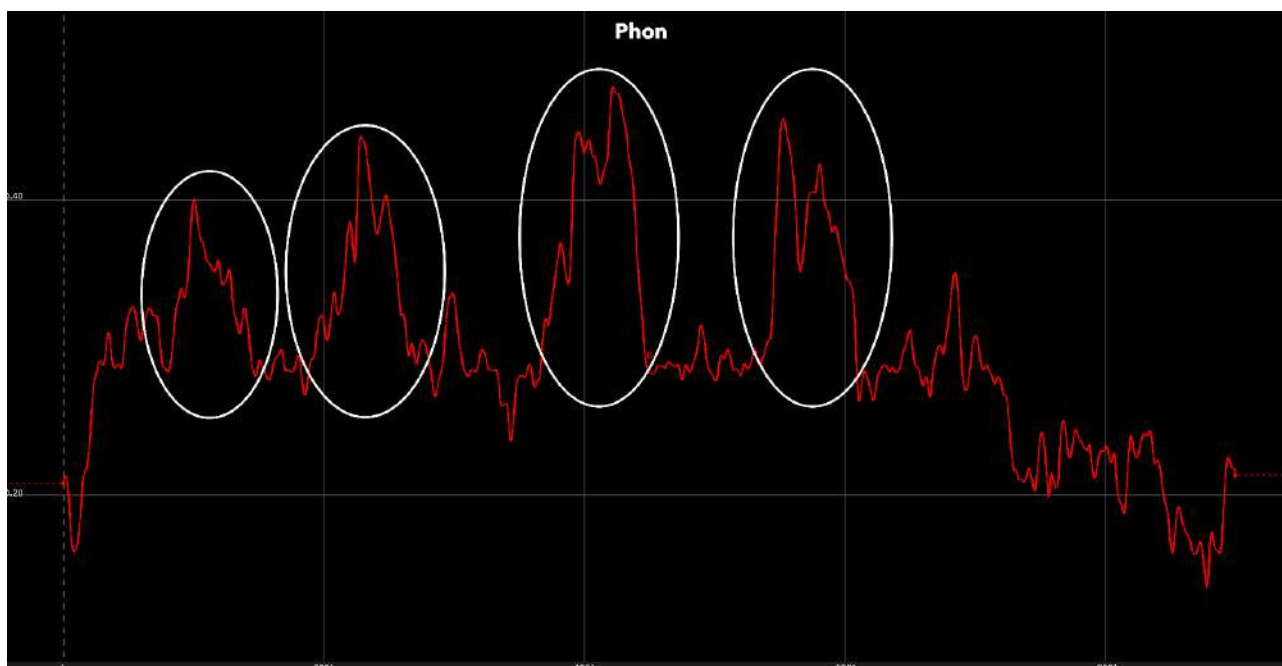


3.2.5 Echinocactus



In quest'ultimo caso, i risultati ottenuti, seguendo gli stessi procedimenti dell'opuntia si sono rivelati abbastanza affini. Rimane invariato l'effetto del calore, che attiva dei picchi nel momento in cui la pianta riceve questo stimolo. Con la luce si ho visualizzato un cambiamento del range che si innalza all'accensione e tende a decrescere progressivamente al momento dello spegnimento.

Con il suono i valori ottenuti sono, come nei casi precedenti, molto variabili. A questo punto della mia indagine il parametro che si è rivelato più soddisfacente è quello del calore:



4.1 Gestione e sonificazione dei dati

Prima di esporre lo sviluppo formale che ho seguito per realizzare questa performance con le piante, esporrò le modalità in cui questi dati sono stati tradotti sul piano musicale.

La prima problematicità è stata quella di gestire il costante flusso di dati proveniente dalla rilevazione del Midi Sprout. Infatti, come si è potuto vedere dal precedente capitolo, le piante reagiscono in modo continuo a prescindere da eventi specifici o da stimoli esterni.

Questi dati sono convertiti tramite il Midi Sprout in note midi e control change, che data la natura della pianta, sono dati casuali che rispecchiano esclusivamente l'andamento dello suo stato biologico attivo o passivo.

Da questo punto di vista è chiaro capire che l'intento compositivo, il gusto o la sensibilità sonora è a carico del compositore che dovrà filtrare questi dati per dare un senso musicale soggettivo, che per la pianta non farà particolare differenza, non avendo essa dei gusti propriamente musicali e soprattutto non potendo generare o variare di per sé dei suoni o degli eventi musicali riconducibili ad una codificazione musicale riconoscibile.

Quindi la prima parte della realizzazione di questa performance si è concentrata nella costruzione e nella programmazione degli strumenti che si occuperanno di far gestire alla pianta i seguenti processi sonori:

- Gestione della riproduzione e selezione di tracce sonore⁵⁵
- Manipolazione dei parametri degli effetti audio
- Generazione di scale musicali e suoni

Per la realizzazione di questi presupposti è stato utilizzato Ableton Live 10, una DAW⁵⁶ molto potente per la gestione di eventi, la manipolazione e riproduzione audio in tempo reale che a partire dalla versione 9 ha introdotto al suo interno Max/MSP/Jitter⁵⁷ in una sua versione specifica chiamata Max4Live, rendendo la gestione e la manipolazione dei dati MIDI, del segnale audio e del video molto più flessibili e aperti alla creatività e alla personalizzazione dell'utente.

⁵⁵ Per gestione della riproduzione si intende la capacità di selezionare un punto preciso della traccia e spostarsi liberamente all'interno della sua durata in modo molto simile al scrubbing audio

⁵⁶ Digital Audio Workstation, è un sistema elettronico digitale progettato per la registrazione, l'editing e la riproduzione dell'audio digitale. Per citare altre DAW tra quelle più famose ritroviamo per esempio Logic Pro, Pro Tools, Cubase, Audacity

⁵⁷ E' un ambiente di sviluppo grafico per la musica e la multimedialità creato da Miller Puckette all'IRCAM di Parigi a metà degli anni 80 ed attualmente gestito e aggiornato dall'azienda software Cycling'74 con base a San Francisco in California

La peculiarità di Max4Live, rispetto alla sua versione originale, è data dalla possibilità di poter gestire tramite il Live API⁵⁸ tutti i controlli dell'ambiente Ableton Live.

Ableton Live si presenta in due modalità principali denominate vista Sessione e vista Arrangiamento; la prima è la modalità che ha reso celebre questa DAW, caratterizzata da tracce MIDI o Audio disposte orizzontalmente con al loro interno dei piccoli mattoncini disposti verticalmente, chiamati Clip.

Queste Clip possono contenere note MIDI, tracce audio o involucri tramite control change; possono essere lanciate singolarmente all'interno della traccia che le contiene e sono indipendenti tra tracce diverse. L'aspetto interessante è che queste Clip possono essere messe in sincrono e in Loop oppure possono avere una propria durata ed essere lanciate una volta sola, grazie ad un sofisticato sistema di gestione dei tempi chiamato Warp.



4.1 Particolare della vista sessione, in rosso la traccia 1, in giallo la clip 1 della traccia 2, in viola si può notare come le durate delle clip della traccia 2 e 3 siano diverse ma in sincrono, in verde il mixer della traccia 4 contenente un volume con il relativo misuratore di rms del segnale in ingresso, un pan, un mute e solo, il tasto arma traccia che consente alle tracce di poter registrare del segnale audio o delle note midi, che in questo caso si trasformeranno in singole Clip

La seconda modalità, denominata vista Arrangiamento, è quella classica comune a tutte le DAW in cui ritroviamo le tracce disposte verticalmente come un multitraccia con la disposizione delle clip in orizzontale. Solitamente la vista Sessione in questo caso viene utilizzata come uno strumento per

⁵⁸ Interfaccia di Programmazione di un'Applicazione, si intende un insieme di processi, strutture dati e variabili che servono a svolgere determinate funzioni in una applicazione. Questo permette ad un programmatore che volesse estendere delle funzionalità di una applicazione di poter interagire su di esse con queste API senza dover scrivere da zero il codice

gettare delle idee sonore sotto forma di Clip e in fase compositiva azionarle con un ordine specifico, registrando così la performance all'interno della vista Arrangiamento.

Essendo però Ableton Live specializzato molto sul versante delle performance dal vivo, la vista Sessione viene solitamente utilizzata per gestire in tempo reale degli eventi sonori tramite le Clip; inoltre all'interno delle relative tracce è possibile inserire strumenti musicali MIDI o plugins di terze parti che possono essere usati per generare suoni tramite note MIDI ed è possibile manipolare il segnale in uscita con degli effetti audio in serie o in parallelo in modo indipendente.



4.2 Particolare della vista Arrangiamento, in rosso la disposizione verticale delle tracce, in bianco le clip disposte orizzontalmente nella specifica traccia

Come già precisato, con l'introduzione di Max4Live è possibile realizzare dei propri effetti audio o degli strumenti MIDI, ma soprattutto è possibile gestire il lancio delle Clip e la loro riproduzione, il Mixer o i parametri degli effetti audio inseriti all'interno delle singole tracce grazie al Live API.

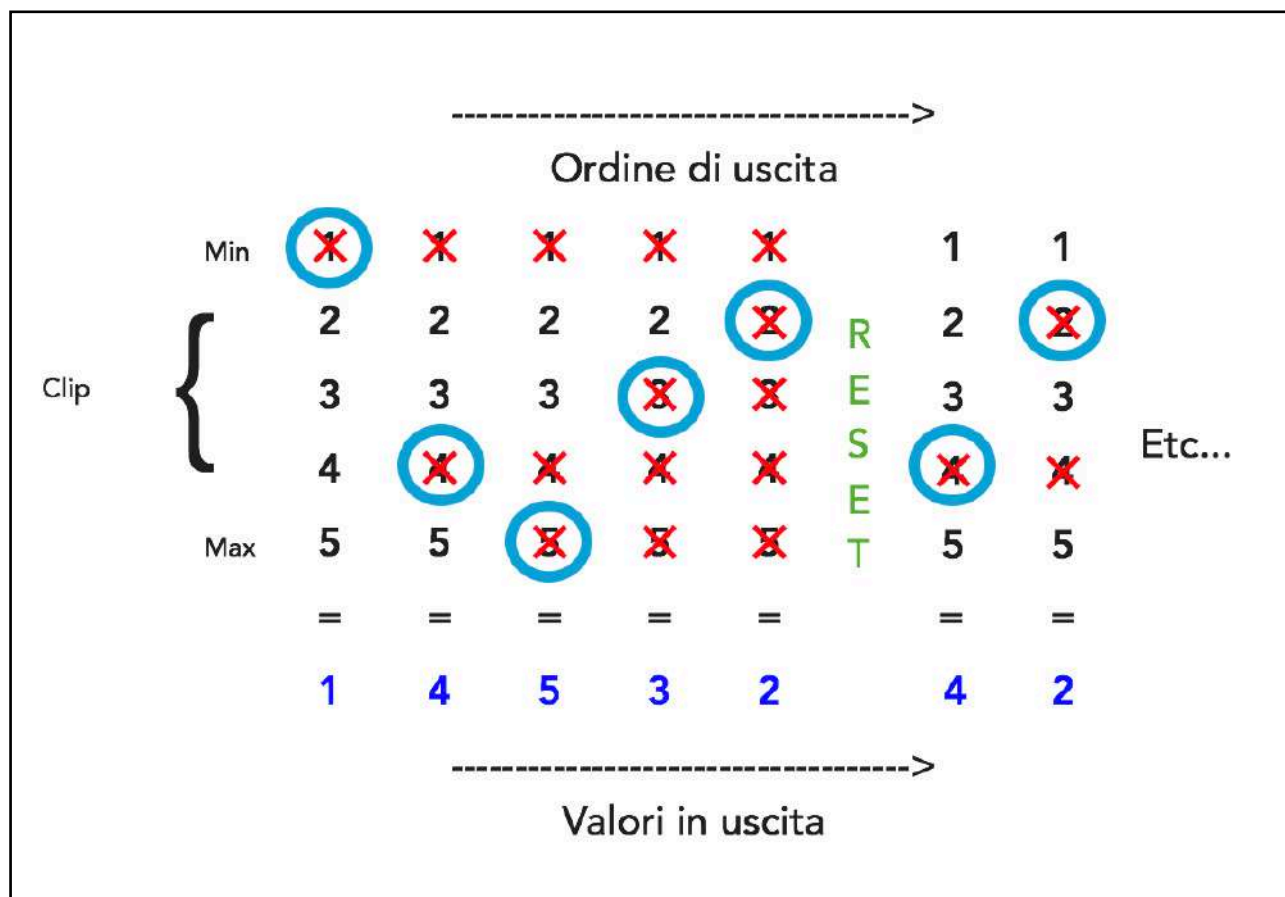
Il primo strumento di Max4Live che ho costruito per le piante si occupa di mappare i parametri degli effetti audio inseriti all'interno delle tracce tramite il control change del Midi Sprout e manipolarli grazie alle fluttuazioni generate dal differenziale elettrico. Questo differenziale può avere un range di minimo e massimo in uscita, impostabile liberamente a seconda dell'escursione che si vuole dare al parametro dell'effetto utilizzato o dalle condizioni della pianta stessa.

All'interno di questo strumento è possibile visualizzare l'andamento delle fluttuazioni della pianta, nello stile del visualizzatore utilizzato con TouchDesigner, infine è stato implementato un algoritmo per la gestione del lancio e della riproduzione delle clip e delle tracce nella vista Sessione.

Questo algoritmo calcola ad intervalli regolari di 10 secondi la media, il minimo e il massimo, del differenziale elettrico in ingresso, questa media viene inserita come valore all'interno di un threshold che si occupa di inviare degli impulsi ogni qualvolta queste fluttuazioni vanno sopra o al di sotto questa soglia impostata. Questi impulsi vengono poi conteggiati tramite due contatori indipendenti, inseriti rispettivamente nella gestione delle tracce e delle clip, quando uno dei due contatori conclude il suo ciclico conteggio, impostato in questo caso arbitrariamente per le tracce a 7 e per le

clip a 4, invia a sua volta un impulso che seleziona casualmente tra un minimo e un massimo impostate dall'utente le tracce o le clip.

Dato che la selezione pseudocasuale di questo sistema può generare ripetutamente lo stesso valore, per le clip la casualità viene permutata:



4.3 In questo particolare abbiamo impostato un range di selezione che parte dalla clip 1 alla clip 5, il primo valore ad uscire è la clip 1, questa clip non viene più considerata nelle successive uscite. Così come nella seconda estrazione accade per la clip 4 e via scorrendo. Quando tutte le clip sono state considerate, l'algoritmo inizializza le possibilità e il processo si ripete.

Questo algoritmo basato sul calcolo della soglia gestisce parallelamente la riproduzione della clip considerata, ogni volta che la pianta supera o va sotto questo threshold, gli impulsi generati, scelgono casualmente il ritmo di scrubbing della traccia, tra un minimo ed un massimo impostabile liberamente dall'utente oppure tramite il precedente calcolo del minimo e del massimo nella fluttuazione del differenziale elettrico della pianta.

Per concludere, l'algoritmo può avere due ulteriori modalità esecutive indipendenti tra loro: Stop Tracce e End Clip. La prima se attivata permette un'esecuzione "monofonica" delle clip tra tracce diverse; se per esempio viene attivata la clip 1 alla traccia 1 e successivamente la selezione cade su una clip di una traccia diversa dalla 1, questa viene prima fermata e poi riprodotta la clip della nuova

traccia selezionata. La modalità End Clip invece permette di eseguire una nuova clip solamente al termine della sua riproduzione, infatti essendo il calcolo degli impulsi generati dal threshold molto casuale e suscettibili della vitalità della pianta considerata, è possibile che la clip venga cambiata prima che questa concluda la sua totale riproduzione, causando una brusca interruzione.



4.4 Particolare del strumento Max4Live costruito per la gestione degli effetti audio e degli eventi MIDI per la pianta. A sinistra in rosso, il modulo dedicato alla manipolazione dei parametri degli effetti audio interni alle tracce di Ableton Live, nella voce **parameter** è indicato il tipo di parametro controllato mentre il **min** e il **max** è il range applicato al parametro in questione. In verde abbiamo la finestra di preview che mostra nel tempo il tipo di fluttuazione del differenziale elettrico della pianta, sopra è attivato il calcolatore della media, del minimo e del massimo di questa fluttuazione e a destra la soglia minima e massima relativa. In blu è presente il modulo di riproduzione della clip selezionata, la quantità di spostamento dello scrubbing impostato tra un **min** e un **max** e sotto il metro gestito dalla pianta con le relative scansioni ritmiche. In giallo è possibile impostare quali tracce e il numero massimo relativo di clip che la pianta può controllare. In viola le due modalità di esecuzione delle clip e delle tracce

Il secondo strumento costruito per la gestione di questi dati si occupa di risolvere alcuni problemi riscontrati durante l'utilizzo del Midi Sprout.

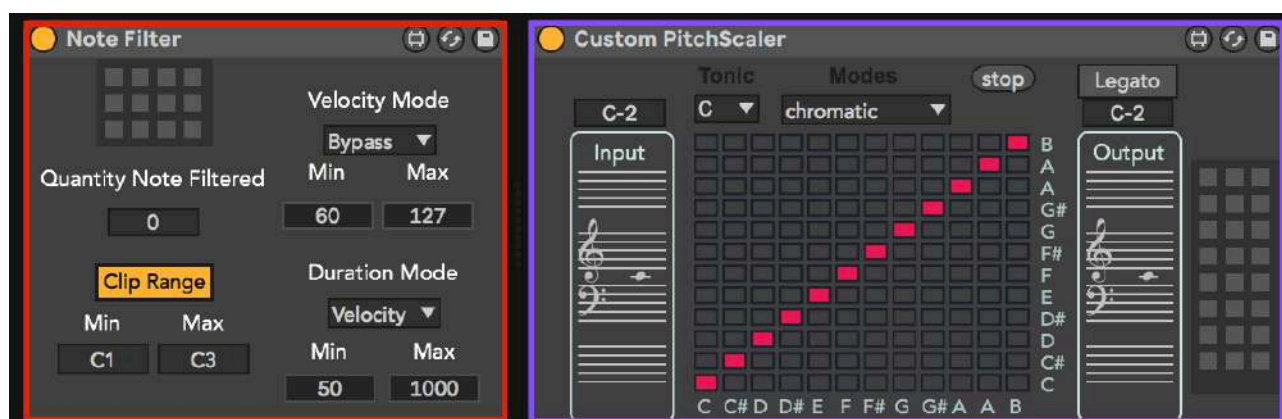
Il primo problema riguarda la quantità di note prodotte dal dispositivo che solitamente, con le piante a foglia larga e piatta, si ha una eccessiva ridondanza di note che non era possibile risolvere con il semplice filtraggio del potenziometro offerto dal Midi Sprout. Per questo motivo ho creato un gate che si apre dopo che sono passate un tot di note liberamente impostabile dall'utente.

Un altro problema riscontrato è che le note prodotte potevano a volte avere un'escursione molto ampia e poco gestibile, oscillando per esempio tra un C0 e poi schizzare improvvisamente al C5. Per ovviare a ciò ho creato un algoritmo che in primis limita il range ad uno specifico, impostabile dall'utente, e in secondo luogo riconverte le note che superano quel range ad una nota equiparabile all'interno del range stesso senza "clippare" costantemente al massimo o al minimo impostati.

Nel Midi Sprout il velocity è sempre costante e fissato a 100, inoltre per la tipologia dell'involuppo di alcuni suoni usati all'interno di Ableton, la durata risultava impropria; suoni ad inviluppo lento per esempio, non avevano tempo di concludere il proprio attacco a causa del cambiamento di nota impulsivo. Per questi due motivi ho creato un algoritmo che permettesse di generare casualmente, tra un minimo e un massimo, valori di velocity diversi ad ogni nota generata e un generatore di

durata che gestisce una durata minima e massima espressa in secondi generata tramite due modalità: per scalatura proporzionale dei valori del velocity oppure generati casualmente.

L'ultimo strumento elaborato per questa performance, deriva da una modifica applicata ad un device disponibile nella libreria di Max4Live che si occupa di filtrare queste note al fine di inserirle all'interno una specifica scala musicale con centro tonale specifico.



4.5 A sinistra il dispositivo Max4Live Note Filter, che si occupa di filtrare la quantità di note in ingresso, impostare un range minimo e massimo di uscita delle note, di variare il tipo di velocity e durata tramite un range di minimo e massimo con relative modalità. A destra il Custom PitchScaler che si occupa di instradare le note in ingresso ad una specifica scala musicale ad un preciso range tonale, è possibile visualizzare tramite notazione musicale la nota in ingresso a sinistra e in uscita a destra dopo i relativi processanti e filtri

4.2 Strumentazione utilizzata

In questa particolare performance la strumentazione utilizzata sarà composta — oltre ai già citati 2 Midi Sprout per l'interfacciamento della pianta, di Max/MSP per la manipolazione audio e di Ableton Live per la gestione degli eventi live — da un Kemper Amp in cui verrà processato in modo basilare con 3 preset il suono della chitarra, sia per alleggerire il carico del computer, sia per avere un segnale soddisfacente una volta entrato nella scheda audio in Ableton Live, dove la pianta potrà manipolare il suono così stabilizzato.

Inoltre viene utilizzato il SoftStep, un controller midi a pedale per il lancio di alcune clip, per l'accensione e per lo spegnimento degli effetti interni ad Ableton, per la gestione delle modalità d'intervento della pianta e per azionare le relative scene che verranno descritte in dettaglio nello sviluppo formale. Questo per avere un maggiore controllo esterno durante le dinamiche della performance ma soprattutto per allontanarmi dal computer, enfatizzando la differenziazione visiva dei ruoli tra quello che è la mia esecuzione strumentale e quella che sarà la gestione dei suoni da parte della pianta.



4.6 Gli strumenti usati per la chitarra e la gestione degli eventi in Ableton Live, Il Kemper Amp in alto, il SoftStep in basso

4.3 Sviluppo formale

La performance musicale si sviluppa intorno a 3 scene o finestre sonore, all'interno delle quali la pianta agisce manipolando o creando i suoni con gli strumenti precedentemente elencati, con finalità diverse. All'interno di queste scene la chitarra assumerà vari ruoli che possono essere testurali o gestuali coadiuvati dall'intervento della pianta nella sua manipolazione sonora.

L'idea stilistica di base di tutta la performance è quella di essere a metà strada tra un Live Electronics controllati dalla pianta ed un'installazione dinamica di musica auto generata.

Per distinguere bene i ruoli musicali tra quello che sarà il suono manipolato e quello originale del mio strumento, la performance si aprirà con una piccola introduzione in stile molto classico, in cui la

Dal punto di vista dei preset del Kemper Amp vengono utilizzati due profilazioni⁵⁹, il primo preset è composto da un suono clean con un compressore ed un delay stereo processato attraverso la profilazione di un Conford MK50 con cabinet un Montarbo Isobox V30.

Il secondo preset è composto da un suono leggermente in overdrive attraversato da un compressore ed un leggero riverbero profilato attraverso un Morgan AC20 con un cono da 12 pollici, il terzo ed ultimo preset fa uso della stessa profilazione del secondo preset ed è l'unico in cui vi è l'intervento effettistico massiccio di un riverbero ed un delay stereo dal decadimento lungo per ricreare l'effetto swelling⁶⁰ nell'ultima scena della performance.

⁵⁹ I Kemper Amp sono divenuti molto popolari grazie a questa capacità di poter riprodurre digitalmente le dinamiche sonore di amplificatori e speaker grazie a questo processo di *profilazione*

⁶⁰ Lo swelling o swell è una tecnica in cui viene utilizzato un pedale volume e una dose ampia di riverbero dal decadimento lungo, viene eseguito l'attacco del suono con il pedale del volume chiuso e alzato gradualmente, simulando l'effetto di un violino o di un pad dall'attacco progressivo e morbido

chitarra con il primo preset del Kemper Amp eseguirà una piccola improvvisazione con una cadenza tonale attorno al Fa maggiore. Alla fine di questa cadenza, con la coda del delay che andrà dissolvendosi, entrerà il primo intervento della pianta che ci accompagnerà all'interno della prima scena.

4.3.1 Scena 1

La scena 1 comincia con l'intervento di un solo sensore Midi Sprout che processa i segnali della pianta con l'avviamento di 16 Clip tramite lo strumento in figura 4.4. Queste clip contengono suoni elettromagnetici ottenuti tramite la registrazione di alcuni dispositivi elettronici come il macbook, smartphone, alimentatori di corrente, televisori e luci a led attraverso un microfono da cellulare con la clip a ventosa e un sound device 702.

Ogni singola clip, prima di essere inserita nelle tracce di controllo della pianta, è stata equalizzata e lavorata enfatizzando, a seconda del suono ottenuto durante la registrazione, le basse frequenze tra i 40 e i 60 Hz.

Inoltre in modo arbitrario sono stati inseriti, nelle medie ed alte frequenze, dei modulatori ad anello, dei pitchshifter e alcuni autopanning controllati nell'intensità dell'effetto e nella relativa velocità con dei LFO randomici.

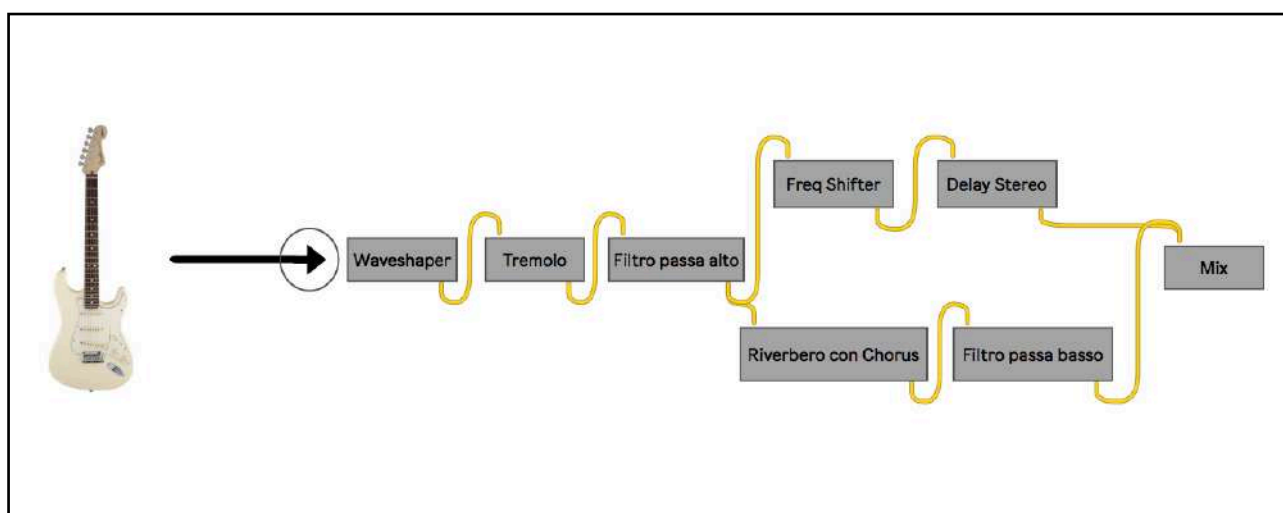


4.7 In alto a destra il Sound Device 702 con il microfono. In basso un particolare della catena effetti applicato ad una clip, il segnale è stato prima enfatizzato nelle basse frequenze e leggermente saturato per poi essere ulteriormente lavorato su tre frequenze separate, nell'immagine è visibile la parte delle frequenze alte a cui segue un LFO randomico che controlla l'intensità e la velocità dell'autopanning

L'intento di questa lavorazione è stato di enfatizzare i suoni che ritenevo più interessanti, accendendone i colori e snaturandone altri per ricreare delle sonorità aliene.

La pianta oltre che a riprodurre al massimo due clip per volta in modo molto arbitrario, grazie allo strumento in figura 4.4, effettua uno scrubbing continuo che enfatizza le sonorità distorte e glitchate di queste tracce ricche al loro interno di gesti sonori.

La chitarra si inserisce in questo contesto sonoro con due effetti distinti, partendo dal suono di base ottenuto con il preset 2 del Kemper Amp. Il primo come una testura sonora ottenuta attraverso una catena effetti composta da un Waveshaper ad onda quadra messo in serie ad un tremolo ed un filtro passa alto, seguiti in parallelo da una catena effetti composta da un freq shifter con delay stereo e da un riverbero dal lungo decadimento con chorus, filtrati con un passa basso.



4.8 Catena Effetti 1 della chitarra all'interno della Scena 1

La pianta manipola 8 parametri diversi all'interno di questi effetti, l'intensità e la velocità del tremolo e dell'LFO che controlla l'oscillazione del cutoff del filtro passa alto, l'intonazione del freq shifter, il cutoff del filtro interno al riverbero, la saturazione del chorus e il cutoff del filtro passa basso.

4.9 Dettaglio dei parametri controllati dalla pianta

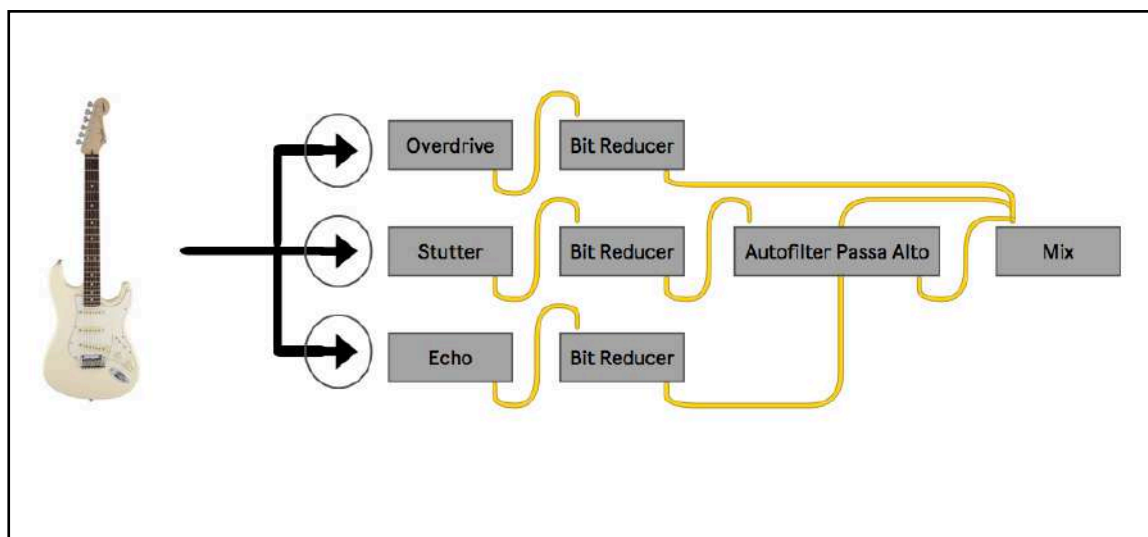
L'interazione sonora dei suoni lanciati dalla pianta vengono occasionalmente silenziati con il SoftStep, per lasciare suonare in solo la chitarra, e poi riattivati arbitrariamente. L'idea concettuale che c'è dietro a questa

prima scena è data dalle suggestioni avute nella lettura del primo capitolo sulla creazione del mondo, in cui il sole inonda intensamente con le sue onde elettromagnetiche la Terra in uno stato entropico.

La situazione di caos viene interrotta dall'intervento della chitarra che suona una melodia sonora che riecheggia e si degrada gradualmente nel silenzio, rompendo questa ambientazione fatta di rumori concreti e suoni testurali.

Scena 1				
Mince Amount	⊗ 30 %	100 %	⊗	—
Mince Rate	⊗ 0 %	50 %	⊗	
LFO Rate	⊗ 0 %	50 %	⊗	
LFO Amount	⊗ 15 %	90 %	⊗	
Freq Shift	⊗ 0 %	100 %	⊗	
Pre Filter F...	⊗ 0 %	90 %	⊗	
Erosion	⊗ 30 %	100 %	⊗	
Pre Filter R...	⊗ 0 %	90 %	⊗	
Parameter		Min	Max	

Il timbro sonoro è ottenuto tramite una seconda catena di effetti che non vengono in questo caso manipolati dalla pianta, ma serve da ponte per la seconda scena. Il timbro è ottenuto processando la chitarra in parallelo a tre catene effetti, la prima composta da un overdrive e un bit reducer, la seconda da uno stutter⁶¹ seguito da un bit reducer e un auto filtro passa alto, la terza ed ultima catena da un delay simil nastro con un bit reducer.



4.10 Catena Effetti 2 della chitarra all'interno della Scena 1

4.3.2 Scena 2

La scena 2 si inserisce gradualmente nel decadimento degli echi ottenuti con il secondo effetto della chitarra della scena 1. All'interno di questa coda viene lanciata tramite SoftStep una clip contenente una traccia sonora di 3'32" circa.

In questa traccia sonora sono stati assemblati e messi insieme alcuni suoni concreti, come il ticchettio di un orologio a pendolo, un timer, suoni di traffico urbano notturno e voci totalmente riverberati, pioggia e alcuni tuoni.

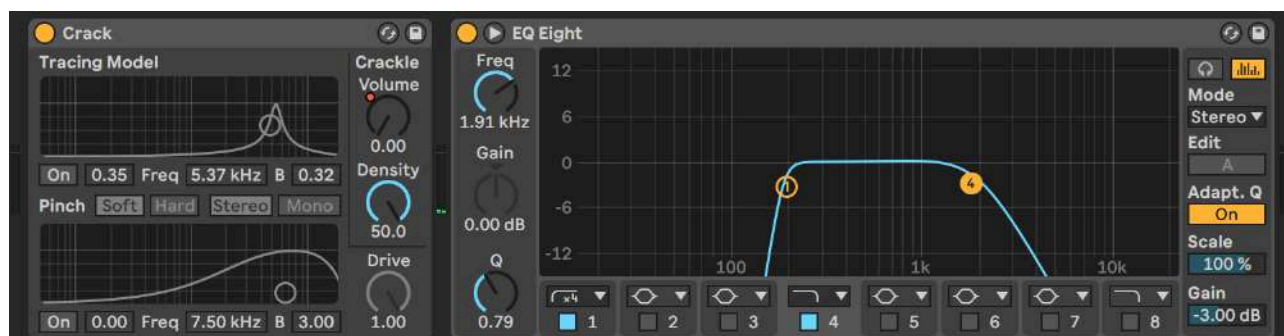
La clip è suddivisa in 4 sezioni in cui i suoni si presentano in una modalità esecutiva molto rarefatta e ricca di silenzi, per lasciare spazio all'intervento della pianta e della chitarra che a volte si mescolano e si confondono e a volte emergono in questo paesaggio sonoro.

La prima sezione di questa clip, che coincide con l'inizio della scena 2, entra con un graduale fade in accompagnato da un rumore sintetico simile ad un'interferenza radio, realizzato tramite l'effetto Vinyl Distortion presente nella libreria Suite di Ableton Live.

Questo suono è stato filtrato con un passa banda ottenuto tramite l'unione di un filtro passa alto centrato a 200 Hz con una curva di decadimento molto ripida e un filtro passa

⁶¹ Lo stutter o stuttering è un effetto particolare della glitch music in cui l'audio viene interrotto o ripetuto bruscamente più volte creando dei pattern ritmici inusuali. Sul campo chitarristico è divenuto molto noto grazie a chitarristi che ne hanno fatto un largo uso come Jonny Greenwood dei Radiohead nel brano Go to Sleep

basso centrato a 1900 Hz con una curva di decadimento di 12 dB per ottava, il suono così ottenuto è stato infine processato in parallelo dentro un riverbero a convoluzione.

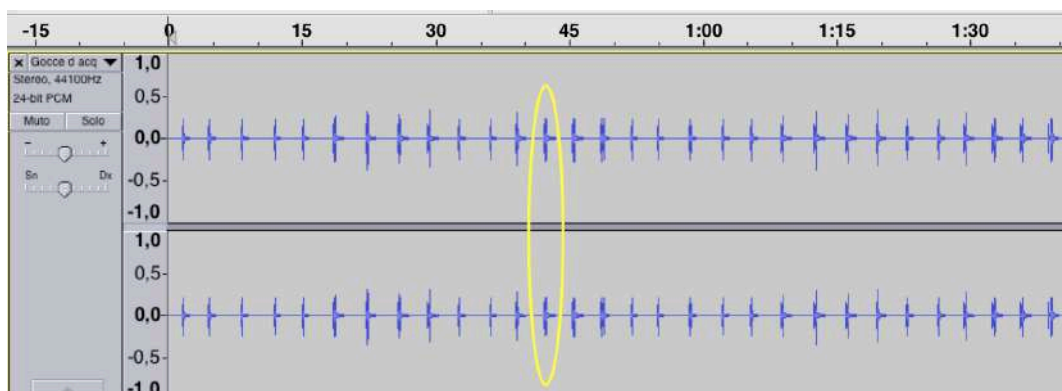


4.11 Particolare dell'effetto interferenza ottenuto con il Vinyl Distortion, qui denominato Crack

Assieme a questo suono sintetizzato si presentano i suoni concreti dell'orologio a pendolo e del timer che sfumano tutti dopo circa 50'' con un fade out nel silenzio.

Alla fine di questa prima sezione della clip sonora viene attivata nuovamente la pianta che tramite il primo sensore suona con le midi Note un Drum Rack⁶². Questo Drum Rack contiene al suo interno 80 campioni sonori contenenti suoni di gocce d'acqua estratti da una registrazione di 1'45'' effettuata su un lavandino gocciolante. Queste gocce sono state inserite separatamente nei pad in modo arbitrario, sia nella loro senso esecutivo tradizionale sia in reverse.

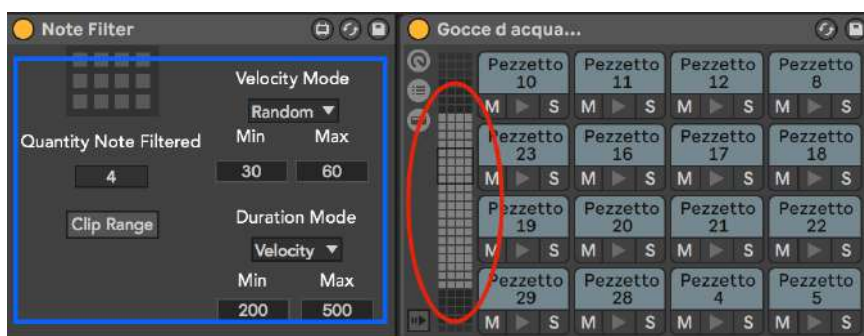
Ognuno di questi pad, contenente questo campione sonoro, viene modulato con un filtro passa banda pilotato dall'involuppo del velocity in ingresso, spazializzato in modo casuale nel range stereofonico ad ogni trigger di nota ricevuto dal Midi Sprout e modulato nel pitch tramite un LFO ad onda randomica.



4.12 Particolare della traccia sonora sezionata in cui ogni pad del Drum Rack contiene una singola goccia come nell'esempio cerchiato in giallo

⁶² Il Drum Rack in Ableton Live è uno strumento Midi che accetta le note Midi associate ognuna a dei pad in cui sono contenuti dei campioni sonori eseguibili, che possono essere singolarmente manipolati con degli effetti o delle catene di effetti.

Essendo il velocity delle note ottenute con il Midi Sprout costanti, viene usato il Note Filter presentato in figura 4.5, sia per variane la dinamica e la durata dei singoli suoni, sia per filtrarne la quantità di note in ingresso.



4.13 A sinistra particolare del Drum Rack utilizzato per far suonare la pianta. In blu le impostazioni per il filtraggio delle note midi in ingresso, in rosso gli 80 pad utilizzati. Sotto, dettaglio di un singolo pad in cui è presente in giallo la modulazione tramite velocity in ingresso del cutoff del filtro passabanda, in rosso il cambio pitch tramite LFO e in viola la spazializzazione stereofonica randomica



Queste gocce d'acqua suonate dalla pianta accompagnano la clip sonora nella sua seconda sezione, che introduce occasionalmente i suoni del traffico urbano e delle voci riverberate. Questa seconda sezione si conclude con l'intervento del primo tuono, durante il quale, viene acceso il secondo Midi Sprout e assieme al primo fanno partire, con lo strumento utilizzato durante la scena 1 in figura 4.4, due tracce sonore contenenti ciascuna 8 clip sonore.

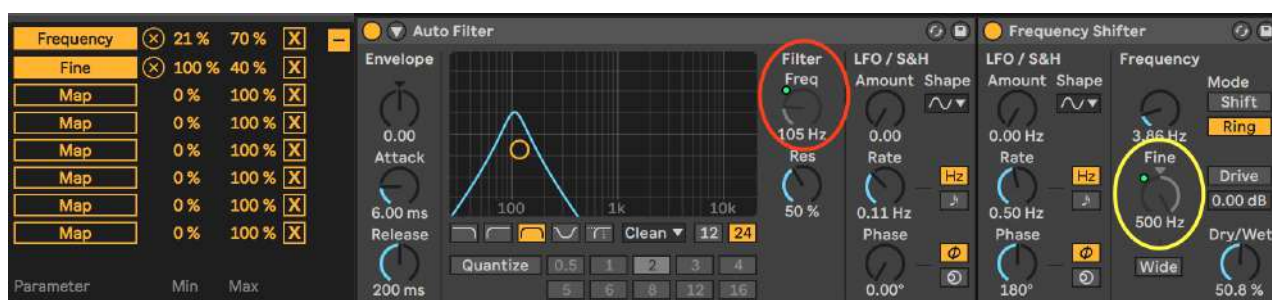
Ognuna di queste clip sonore contiene una traccia audio di voci di singoli ragazzi e ragazze di un liceo che leggono un testo letterario. Queste voci sono state manipolate utilizzando in serie un risuonatore, un riverbero a convoluzione ed un ulteriore risuonatore che enfatizzano alcuni centri tonali atti a produrre dei cluster sonori.



4.14 Esempio di lavorazione di una singola clip sonora di voce. In rosso viene evidenziata l'enfaticazione del centro tonale B0 e di alcune sue armoniche, in giallo il riverbero a convoluzione che verrà manipolato dal secondo risuonatore

Queste voci sono state realizzate con l'intento di elaborare una sorta di voce della pianta, le quali intervengono arbitrariamente e in seguito alla conclusione della singole riproduzioni, grazie alla modalità END descritta per il dispositivo in figura 4.4.

Con i due Midi Sprout attivi, oltre ad agire indipendentemente sul controllo delle due tracce, viene data la possibilità alla pianta di manipolare anche il timbro sonoro delle clip che vengono lanciate, manipolando indipendentemente il cutoff di un filtro passa banda stretto dal picco risonante e la frequenza d'oscillazione di un modulatore ad anello.



4.15 Particolare a sinistra del pannello di controllo della pianta con lo strumento di figura 4.4, a destra cerchiati rispettivamente in rosso e giallo il controllo del Frequency (inteso come il cutoff del filtro) e del Fine

Con l'introduzione di queste voci controllate dalla pianta, mentre seguita il suono delle gocce d'acqua e si allontana gradualmente il tuono, interviene anche la chitarra che rinforza la testura sonora della terza sezione della clip, formata nuovamente dal suono occasionale del traffico urbano e delle voci riverberate.

La chitarra è processata in questo punto con una singola catena effetti formata da un riverbero risonante della Amazing Noises chiamato Outer Spaces e da un auto panning. In questa sezione la pianta interviene soltanto sul rate del auto panning, quasi a creare un'interferenza sul paesaggio sonoro.



4.16 A sinistra l'Outer Spaces e a destra l'autopanning in cui la chitarra viene processata. In rosso è visibile il controllo gestito dalla pianta

Questa terza sezione della clip si interrompe con il secondo intervento sonoro del tuono, nel quale vengono disattivate le gocce d'acqua, intervenendo gradualmente il suono della pioggia. All'interno di questa ultima sezione dove il suono della pioggia si interrompe filtrato attraverso un modulatore ad anello, rimangono le voci controllate dalla pianta in cui si instaura un dialogo estemporaneo con la chitarra.

Le voci vengono interrotte e nella coda verso il silenzio fa nuovamente il suo ingresso la chitarra processata con il secondo effetto di questa sezione composto dal Grain Reverser dell'Amazing Noises, un granulatore con capacità di pitch shifting di cui la pianta controlla la densità sonora.

4.17 Particolare del Grain Reverser di Amazing Noises. In rosso è segnato il parametro controllato dalla pianta. Inoltre è impostato il pitch shifting dei granuli ad una quinta sotto e sopra la nota originale



Questo momento, come è accaduto per la sezione 1, ha la funzione di coda e ponte per l'ultima scena della performance.

4.3.2 Scena 3

L'ultima scena della performance si apre con l'intervento della pianta che si occupa di suonare due strumenti musicali sulla scala pentatonica di FA maggiore.

Questi strumenti utilizzano entrambi il Note Filter e il Custom PitchScaler presentati in figura 4.5, sia per inquadrare le note midi in ingresso all'interno della scala pentatonica sia per filtrarne la quantità e il range da considerare sia per gestirne il velocity e la durata minima e massima delle singole note.

Gli strumenti vengono attivati separatamente grazie ai due Midi Sprout, il primo è un sintetizzatore sviluppato da Max for Cats di nome Ensemble, ispirato alle Strings machine degli anni 70. Il preset che ho utilizzato si occupa di creare dei bordoni sonori nel range F1 e F3; la pianta oltre a suonare questo strumento si occupa di manipolare alcuni parametri come la quantità di chorus e il mix del filtro formante.

Dopo alcuni minuti di intervento sonoro di questo primo strumento, viene attivato anche il secondo, che è composto dall'unione di più sintetizzatori e un campionatore della libreria sonora di Ableton Live Suite.

Il campionatore di questo secondo strumento contiene dei campioni di un pianoforte elettrico simil Wurlitzer, mentre i sintetizzatori fanno parte della libreria Analog, Collision e Operator di Ableton Live.

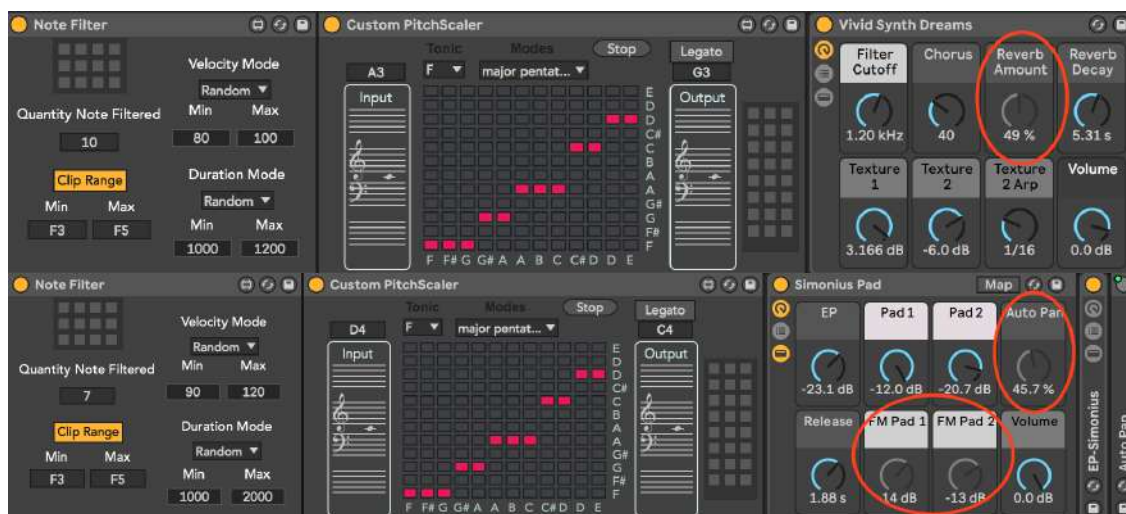
Per ognuno di essi è stato utilizzato un Note Filter ed un PitchScaler differente, in quanto volevo ottenere una sonorità simile a quella dei carillon dal timbro più cristallino che opera nel range tra F3 e F5 e dall'involuppo più percussivo rispetto al primo strumento presentato.

4.18 Dettaglio strumento 1, è possibile vedere in basso i parametri controllati dalla pianta



La pianta inoltre controlla di questo strumento la quantità di riverbero dei sintetizzatori, l'intensità di due modulatori di frequenza e la frequenza dell'autopanning del campionatore.

Una volta attivi entrambi gli strumenti, viene lasciata suonare in solo la pianta per alcuni minuti, prima dell'ultimo intervento della chitarra.



4.19 Dettaglio del secondo strumento, cerchiati in rosso i parametri controllati dalla pianta mentre è possibile notare a sinistra il differente uso del Note Filter per i due strumenti

All'interno di questo ambiente sonoro auto generato dalla pianta, la chitarra si inserisce con il preset 3 del Kemper Amp, in cui esegue un giro armonico estemporaneo attorno al FA maggiore e RE minore, richiamando il centro tonale dell'introduzione, tramite la tecnica dello swelling.

Questo dialogo sonoro viene fatto prolungare per alcuni minuti, al termine dei quali la chitarra smette di suonare e progressivamente vengono disattivati i due dispositivi Midi Sprout, ponendo fine alla performance.

4.4 Conclusioni

Durante lo svolgimento e l'esecuzione di questo canovaccio performativo ho avuto modo di fare alcune riflessioni riguardo alla capacità, almeno con questo sensore che avevo a disposizione, di interagire musicalmente con la pianta.

Di fatto questa performance non si spinge nell'atto pratico di toccare o di interagire fisicamente sulle pianta stessa, il fatto che vengano continuamente inviati dei dati dal dispositivo non mi ha condizionato a tal proposito, preferendo capire come filtrare queste informazioni in termini di eventi e di manipolazione sonora, al pari di una sintesi sottrattiva per un segnale sonoro.

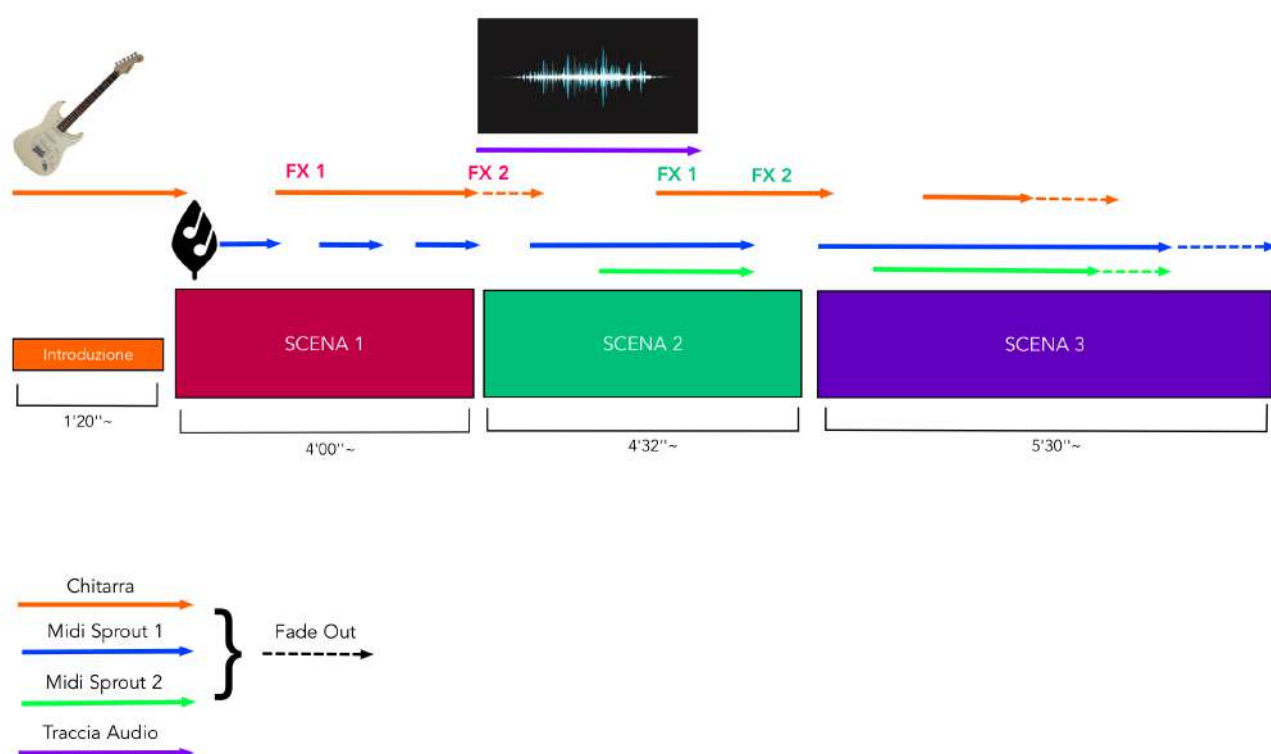
Tuttavia si sono presentati dei casi durante le prove in cui il contatto con le foglie si è reso necessario, in quanto la pianta con la quale stavo interagendo in quel momento non reagiva affatto.

In questo caso ho cercato di accarezzare le foglie, cercando di capire se il problema era dovuto al sensore o a qualche bug interno alla patch. In realtà, nel giro di pochi secondi, la pianta mi ha subito restituito una risposta dopo quell'impulso esterno, udendo i suoni che mi aspettavo di ricevere.

Questa possibilità, che la pianta non agisca come preventivato dalla mia struttura, l'ho dovuto tenere in considerazione, visto che le reazioni biologiche possono variare dall'ambiente in cui si ritrova, dal tipo di pianta, dal suo stato di salute, dal momento della giornata e da molti altri fattori non facilmente prevedibili.

I parametri stessi, che avevo impostato per farmi modificare il suono e gli effetti, sono totalmente diversi a seconda del giorno in cui provo ad esibirmi con la pianta. Per quanto cerchi di ricalibrare entro un range preciso, il suono che ne esce è sempre molto diverso di volta in volta.

Questo alto grado di imprevedibilità tuttavia è stato l'elemento più interessante e trainante per la realizzazione di questa performance, in quanto tutto si articola nell'equilibrio di una aspettativa formale e nell'entropia di uno stato non prevedibile al quale dobbiamo costantemente adattarci e saperci destreggiare, al pari della vita di tutti i giorni, sapendo ascoltare le fluttuazioni di un essere apparentemente lontano da noi.



Lucchesi, Edwin

2016 *Ko-Tha — Tre danze di Shiva, l'emancipazione del suono in Giacinto Scelsi*, tesi di laurea,
Lucca

Bailey, Derek

2010 *Improvvisazione, sulla natura e pratica in musica*, Edizioni ETS, Pisa

Crutzen, Paul

2005 *Benvenuti nell'Antropocene. L'uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era*,
Mondadori, Milano

Mancuso, Stefano

2015 *Verde Brillante, Sensibilità e intelligenza del mondo vegetale*, Giunti editore S.p.a., Firenze

Mancuso, Stefano

2018 *Botanica, viaggio nell'universo vegetale*, Aboca S.p.a., Sansepolcro (AR)

Mancuso, Stefano

2017 *Plant Revolution, le piante hanno già inventato il nostro futuro*, Giunti, Firenze

Retallack, Dorothy

1973 *The Sound of Music and Plants*, Devorss & Co

Scott, Peter

2008 *Physiology and Behaviour of Plants*, Wiley-Interscience

Tompkins, Peter & Bird, Christopher

2009 *La vita segreta delle piante*, Il Saggiatore, Milano

⁶³ Questa bibliografia, aggiornata a Gennaio 2019, fa riferimento alle pubblicazioni consultate e ai testi citati per la stesura di questo lavoro

Chamovitz, Daniel

2013 *Quel che una pianta sa, guida ai sensi nel mondo vegetale*, Cortina Raffaello, Milano

Edwin Lucchesi, *analisi di ko-tha ed estratto biografico dalla tesi su Giacinto Scelsi*

<http://www.musicaelettronica.it/ko-tha-giacinto-scelsi-viaggio-visionaria-opera-chitarra/>

https://www.academia.edu/36794178/La_figura_e_la_poetica_di_Giacinto_Scelsi.pdf

Daniel Chamovitz, *Understanding plants*

<https://www.coursera.org/learn/plantknows>

Cellule Procariote ed Eucariote

https://cnx.org/contents/GFy_h8cu@11.5:FPF-phhT@15/Eukaryotic-Cells

Bosco Pando

[https://it.wikipedia.org/wiki/Pando_\(albero\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Pando_(albero))

Processi di difesa delle piante

<http://www.pnas.org/content/pnas/104/13/5467.full.pdf>

M. Dicke et al. (1999), *Jasmonic Acid and Herbivory differentially Induce Carnivore-Attracting Plant Volatiles in Lima Bean Plants*

<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1020942102181>

R. Simon et al. (2011), *Floral Acoustics: Conspicuous Echoes of a Dish-Shaped Leaf Attract Bat Pollinators*

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21798950>

Buck Linda & Richard Axel (1991), *A Novel Multigene Family May Encode Odorant Receptors: A Molecular Basis for Odor Recognition*

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1840504>

Julian C. Crane & Nasr Marei (1971), *Growth and Respiratory Response of Fig (Ficus carica L. cv. Mission) Fruits to Ethylene*

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC396842/>

⁶⁴ Aggiornata a Gennaio 2019

Hans Kende, *Ethylene Biosynthesis*

<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pp.44.060193.001435>

Descrizione del processo di depolarizzazione

<https://www.youtube.com/watch?v=liiz5CpFCQo>

M. Gagliano, S. Mancuso, D. Robert (2012), *Toward Understanding Plant Bioacoustic*, in *Trends in Plants Science*

http://www.linv.org/images/papers_pdf/1-s2.0-s1360138512000544-main.pdf

Ricercatori dell'università di Yeugnam (2016), *Exposure to Sound Vibrations Lead to Transcriptomic, Proteomic and Hormonal Changes in Arabidopsis*

<https://www.nature.com/articles/srep33370.pdf>

M. Gagliano et al. (2017), *Tuned in: plant roots use sound to locate water*

https://www.researchgate.net/publication/315811492_Tuned_in_plant_roots_use_sound_to_locate_water

Heidi M Appel & Reginald B Cocroft (2014), *Plants respond to leaf vibrations caused by insect herbivore chewing*

https://www.researchgate.net/publication/263806504_Plants_respond_to_leaf_vibrations_caused_by_insect_herbivore_chewing

Midi Sprout

<https://www.midisprout.com/>

TouchDesigner

<https://www.derivative.ca/>

Max/MSP/Jitter

<https://cycling74.com/products/max/>

Ableton Live

<https://www.ableton.com/>