



HAL
open science

Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme

Benmoussa Abdlatif

► **To cite this version:**

Benmoussa Abdlatif. Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme. 16emes Journées de la Mesure et de la Métrologie, Oct 2021, Ardes sur Couze (63), France. hal-03408591

HAL Id: hal-03408591

<https://hal.inrae.fr/hal-03408591v1>

Submitted on 29 Oct 2021

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

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

Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme

Qu'est-ce que l'irmf ?

Suivre par imagerie cérébrale les centres cérébraux qui sont activés par une stimulation.

Pourquoi faire de la stimulation ?

pour comprendre les comportements alimentaires

Exemple : Effet du choix sur l'impact cérébral de la prise alimentaire (Métaprogramme INRA Did'it - PleasIN) = Expérience Choix VS Non-choix

Hypothèse : Le plaisir ressenti augmente quand on a le choix (littérature)

→ C'est ce qu'on veut vérifier

→ Comprendre quelles sont les fonctions du cerveau mis en jeu

Comment ?

- L'acquisition des images : IRM 3 Tesla du CHU
- Olfactomètre : délivrer les différents *stimuli* alimentaires en bouche, au goutte à goutte, au sujet volontaire selon un paradigme défini (D. Small, Dpt of Psychology, Yale University, USA)

Contraintes : champ magnétique intense (3 T)

→ Mon travail a été de concevoir et réaliser ce dispositif.

INRAE

Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme

4 au 7 Octobre 2021 - Abdlatif Benmoussa – Les J2M 2021

Les points importants

Ces dispositifs ont généralement **deux fonctions distinctes** :

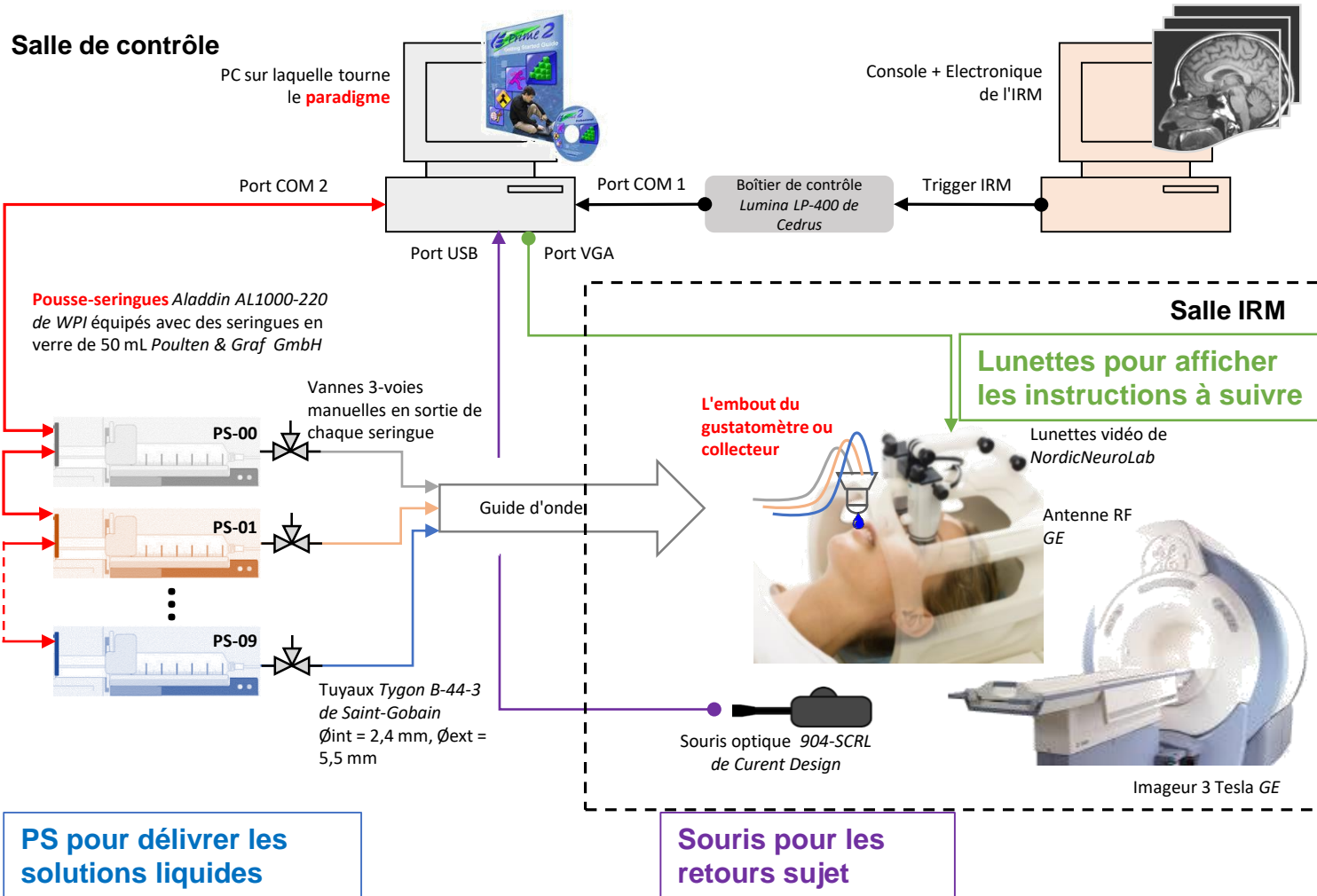
- **délivrer un stimulus** selon un paradigme donné (c'est-à-dire un contrôle précis du déroulement temporel),
- **mesurer** des paramètres physiologiques d'intérêts.

Paradigme : Suite d'actions (tâches) qui arrive au cours du temps et répétée **N** fois.

Il est important que ces stimulations soient opérées de la même façon, qu'elles soient **reproductibles**.



Environnement matériel pour nos expérience d'IRMf avec *stimuli* alimentaires



INRAE

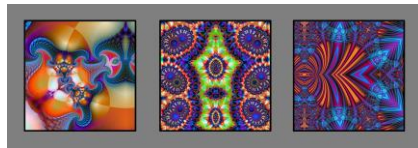
Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme

4 au 7 Octobre 2021 - Abdlatif Benmoussa – Les J2M 2021

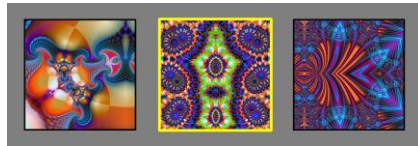
Paradigme *Choix VS Non-choix*

Après une session d'apprentissage 3 images ⇔ 3 boissons préférées / 9

Bloc choix



Appréhender la situation
choix/non-choix
(2 s)



Choisir / ne pas choisir sa
boisson
(4 s)

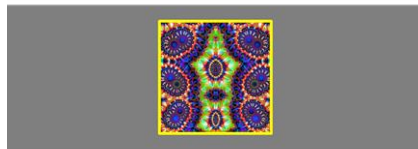


Avertissement arrivée
boisson
(2 s)



Recevoir la boisson
(5 s)

AVEZ-VOUS AIMÉ CETTE BOISSON?



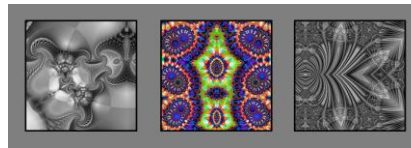
Noter la boisson
(12 s)

pas du tout ————— énormément

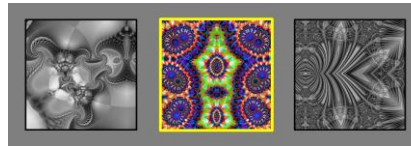


Déglutir
(3 s)

Bloc non-choix



Appréhender la situation
choix/non-choix
(2 s)



Choisir / ne pas choisir sa
boisson
(4 s)



Avertissement arrivée
boisson
(2 s)



Recevoir la boisson
(5 s)

AVEZ-VOUS AIMÉ CETTE BOISSON?

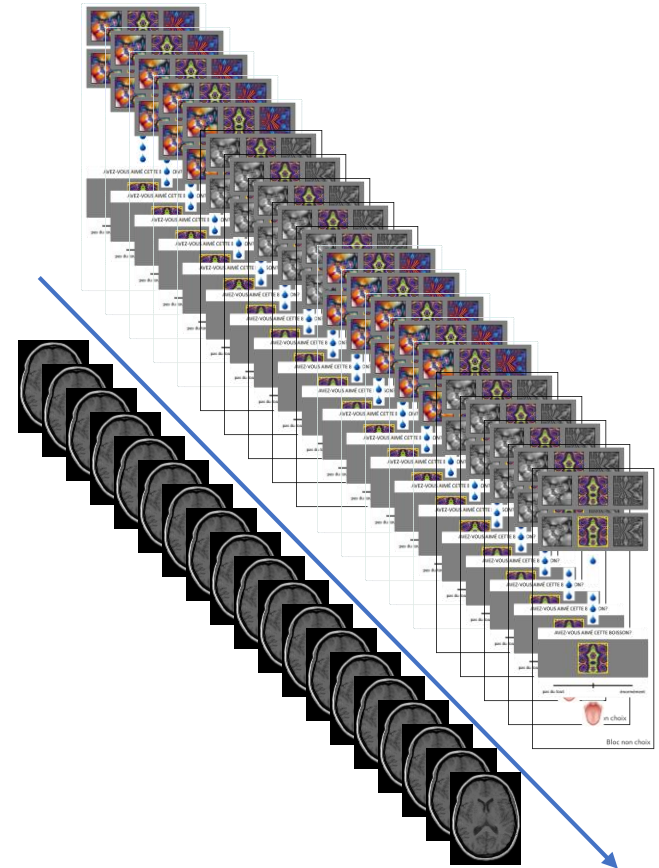


Noter la boisson
(12 s)

pas du tout ————— énormément



Déglutir
(3 s)



45 min de stimulation
45 choix et 45 non choix

Suivi d'un rinçage

INRAE

Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme

4 au 7 Octobre 2021 - Abdlatif Benmoussa – Les J2M 2021

Dispositif compatible IRM de stimulations des sens chimiques chez l'homme

1. Conception et validation métrologique (partie « matériel »)
2. Réalisation du paradigme (partie « logiciel »)

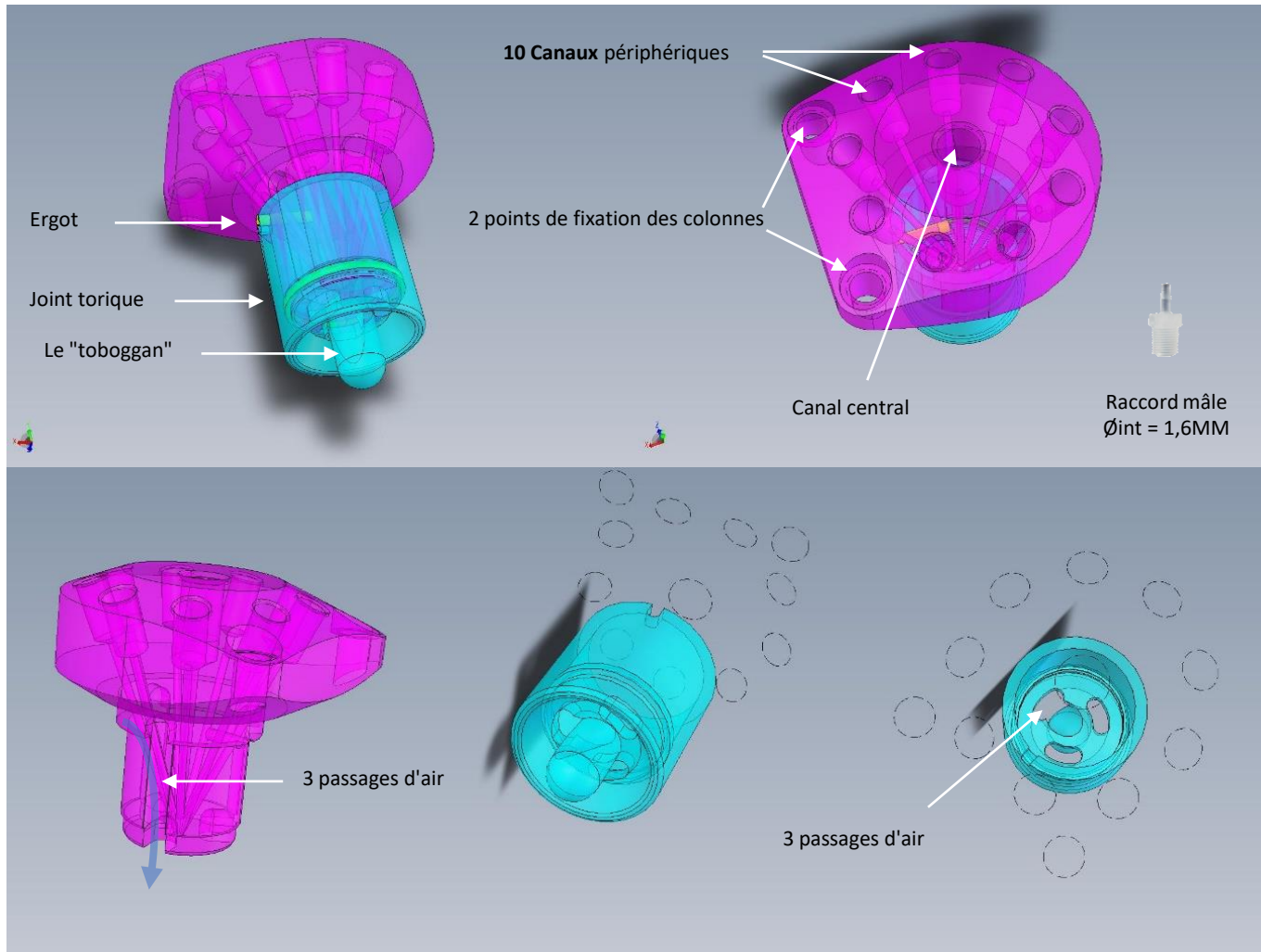


Dispositif compatible IRM de stimulations des sens chimiques chez l'homme

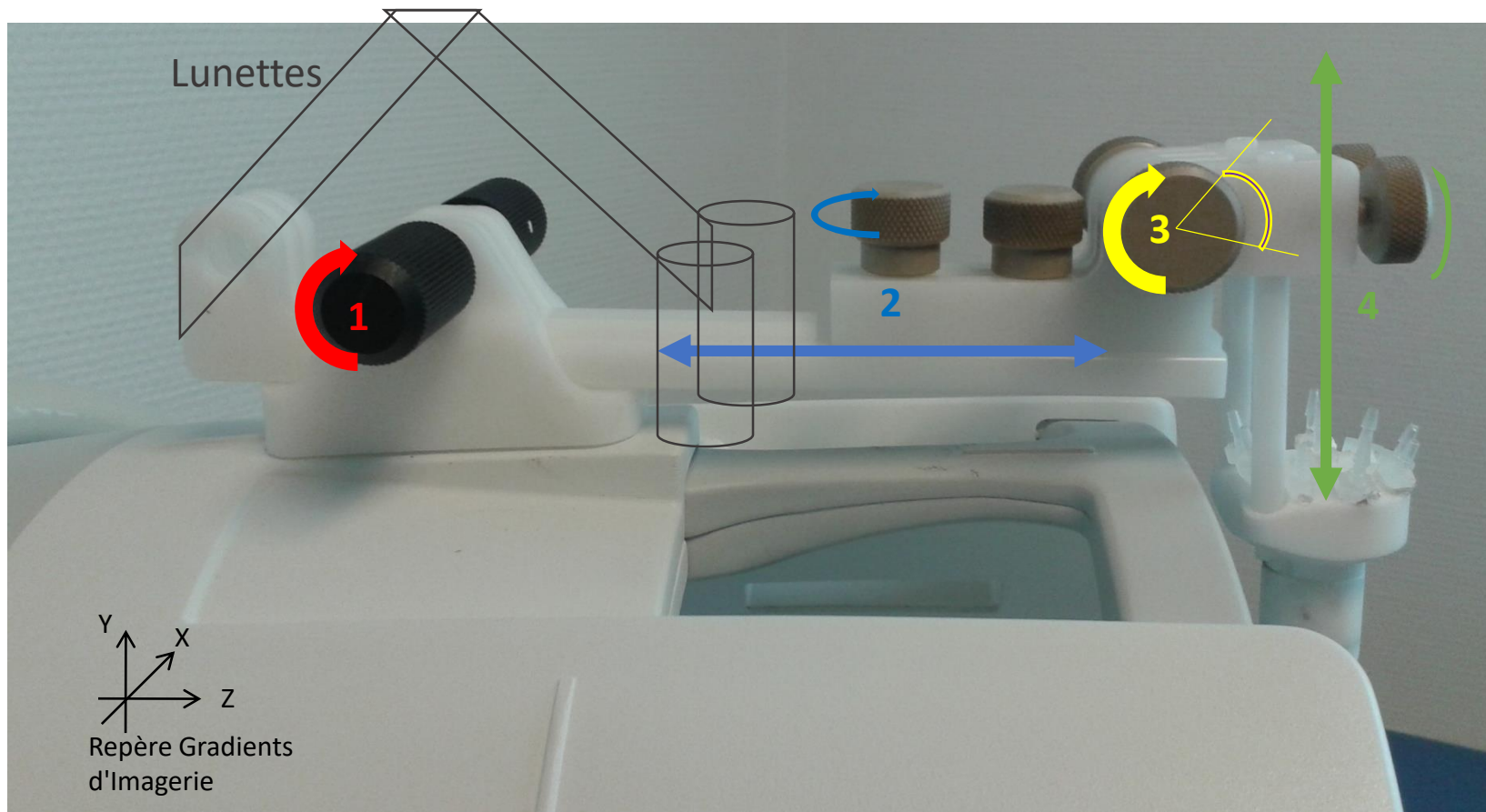
1. Conception et validation métrologique



Conception et réalisation : l'embout du gustatomètre (collecteur)



Conception et réalisation : le support



- 1) Serrage du support lunettes/collecteur
- 2) Réglage en translation (axe Z)
- 3) Réglage en rotation (plan YZ)
- 4) Réglage en hauteur (axe Y)

Conception et réalisation : le support



INRAE

Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme
4 au 7 Octobre 2021 - Abdlatif Benmoussa – Les J2M 2021

Conception et réalisation : les pousse-seringues



Choix des PS :

- Câblage en cascade (1 adresse/PS)
- Programmables, pilotables depuis un PC

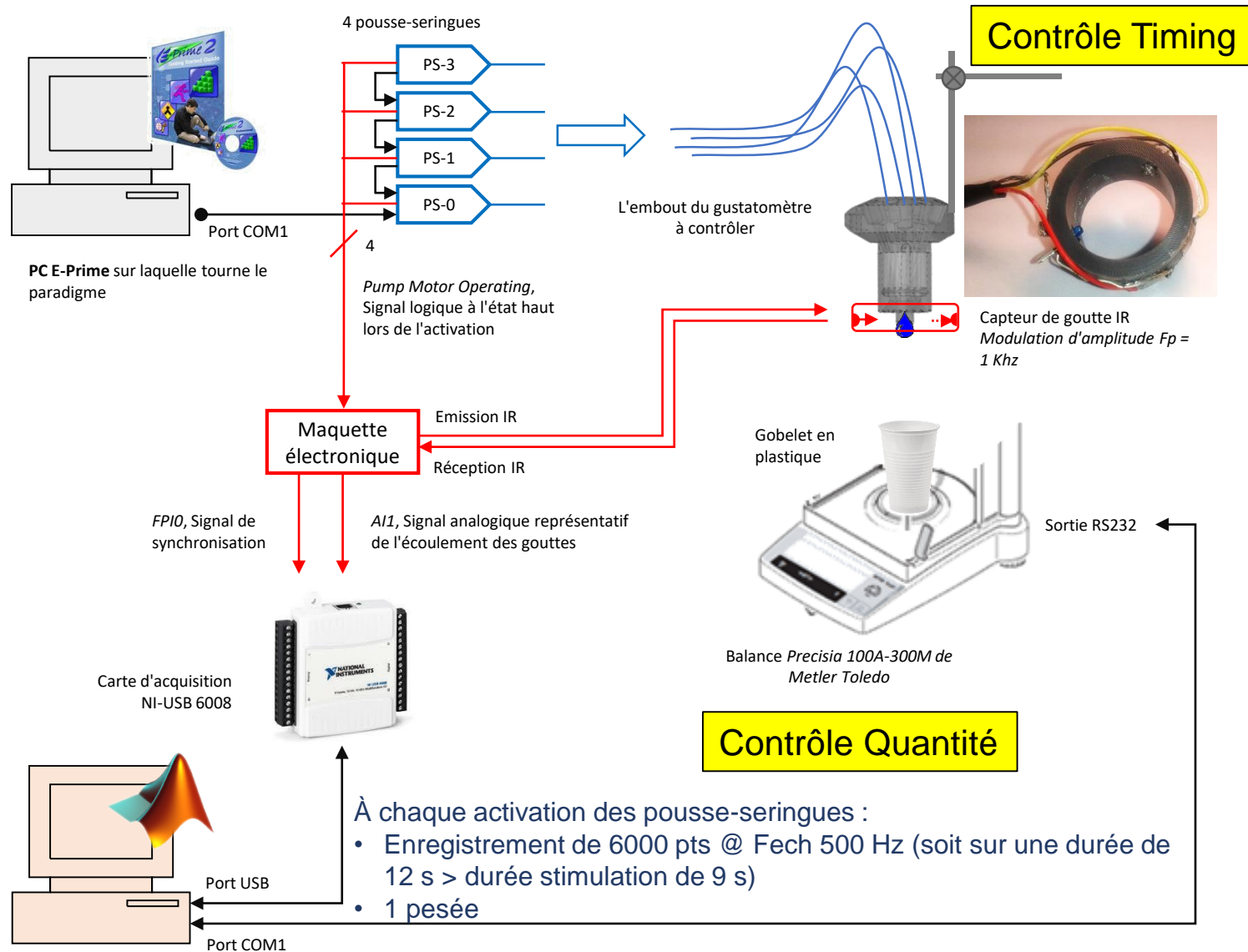


INRAE

Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme

4 au 7 Octobre 2021 - Abdlatif Benmoussa – Les J2M 2021

Mise en œuvre de la métrologie



Paradigme "météologie"

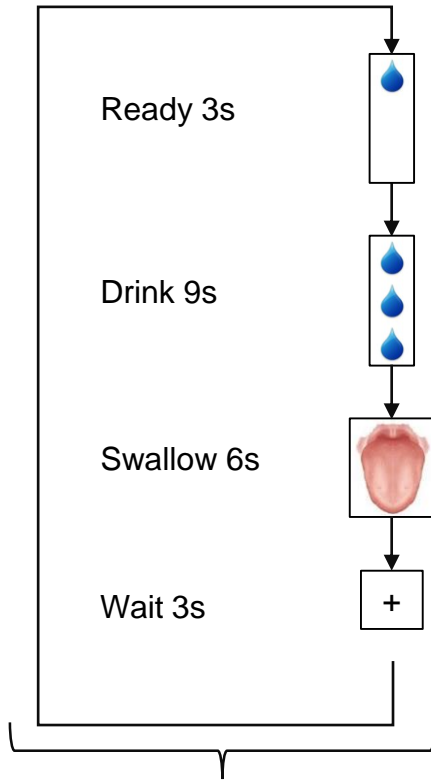
84 activations = stimulation/rinçage

P0 est activé **48** fois → rinçage

P1,2,3 **12** fois chacun → stimulation

→ Cela représente une "session" (passage de 1 sujet = 1 expérience IRMf).

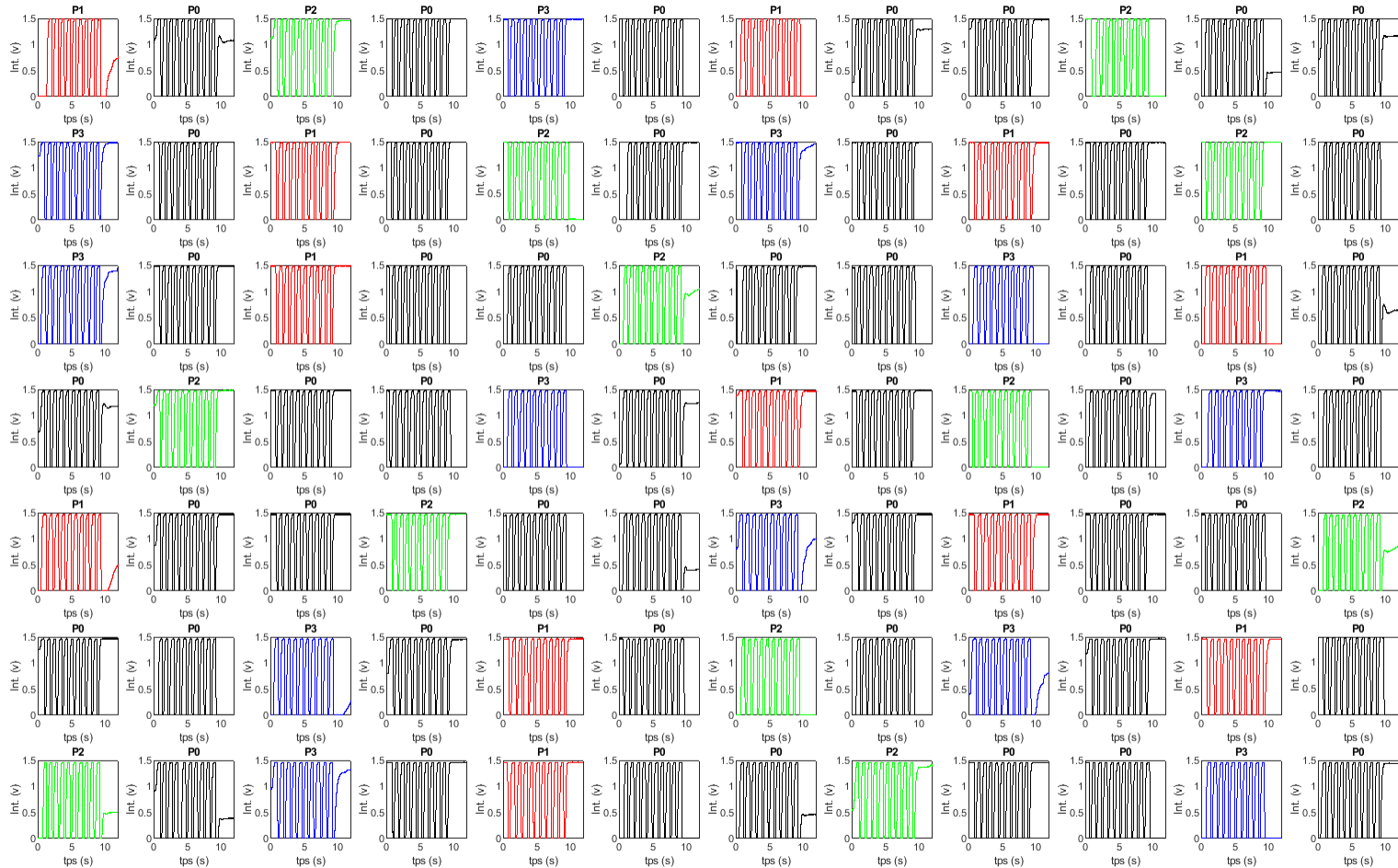
On a réalisé **3 sessions** (S1 à S3) à des moments différents (effet utilisateur, conditions ambiantes ...)



Session X3
S1, S2 et S3

Signal en f(paradigme)

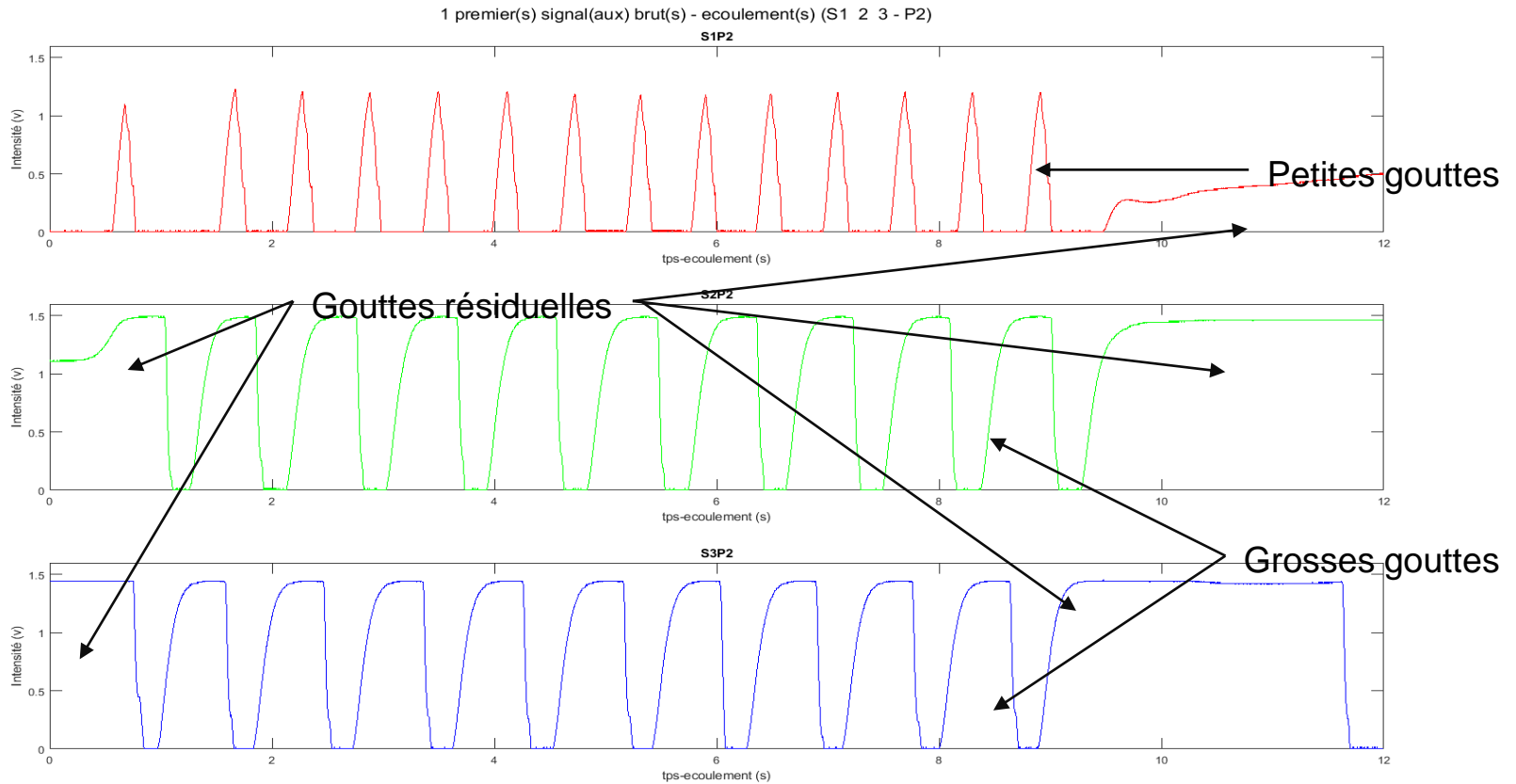
Signal en f(tps) - Session2



Durée d'une session : 33 min 36 secondes (84 activations : 3*12 *stimuli* en couleur + 48 rinçages en noir)



Allure des signaux en f(tps)



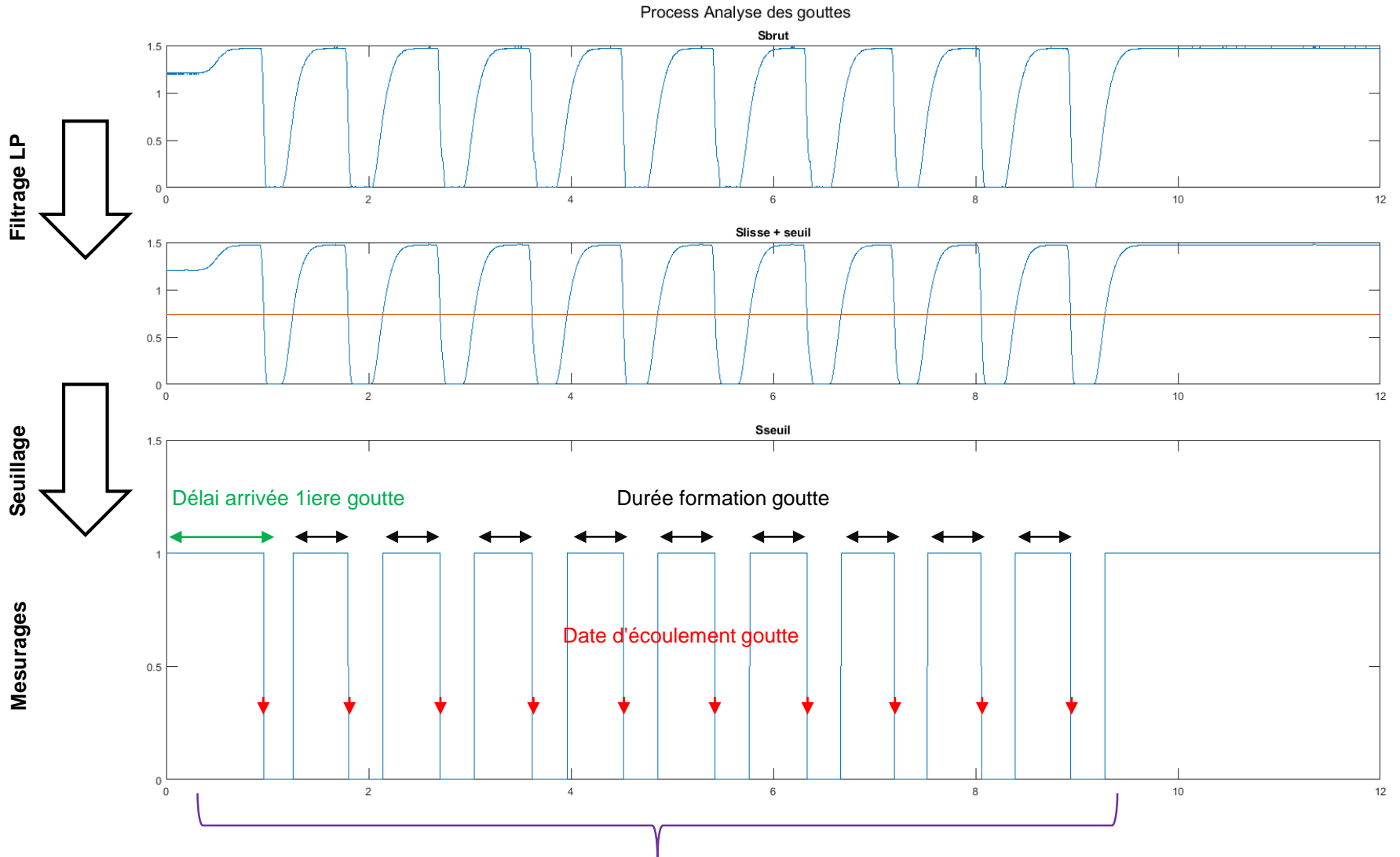
Réponse du capteur IR : Le signal est max quand il y a une goutte.

On voit :

Retard 1ere goutte, gouttes qui ne tombent pas à la fin, gouttes restantes qui tombent au début

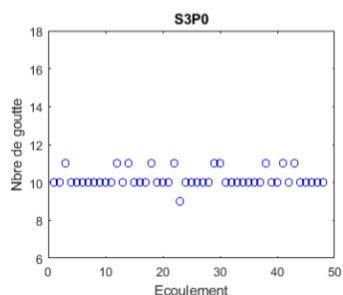
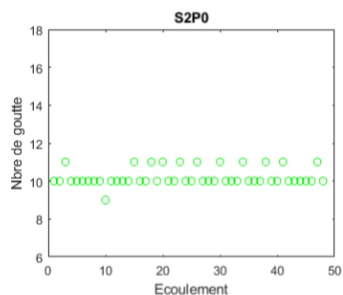
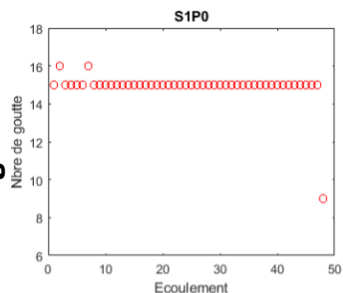
→ Du coup **analyse du timing**; nombre de gouttes, durée gouttes, tps arrivée 1ere goutte et dates à laquelle les gouttes tombent et **pesées**

Traitement pour l'analyse du timing

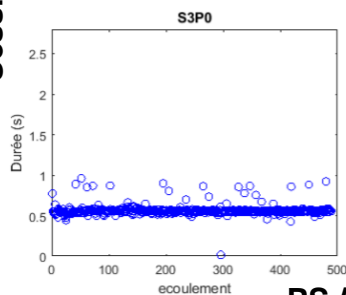
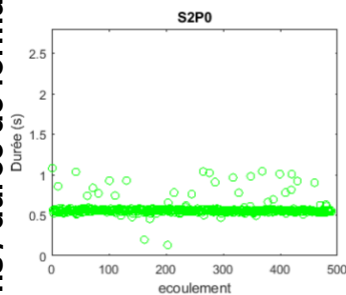
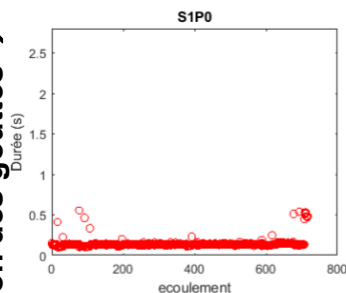


Analyses « timing »

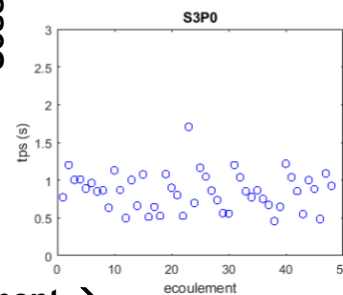
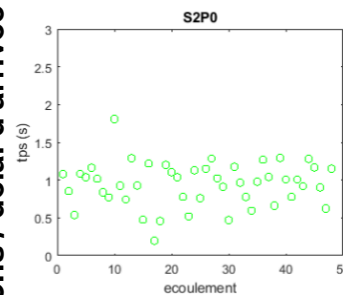
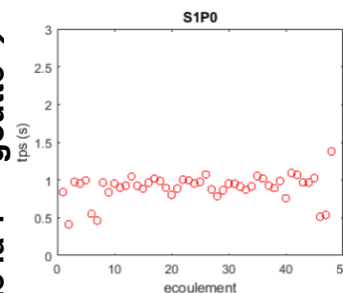
Sessions / Nombre de gouttes →



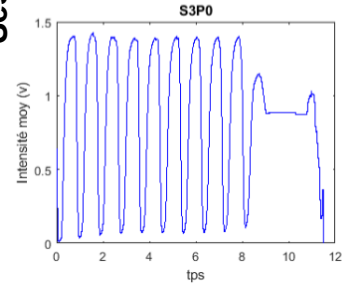
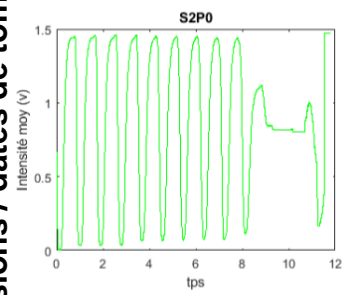
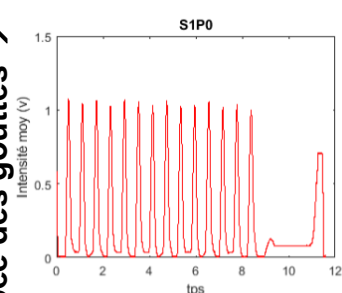
Sessions / durée de formation des gouttes →



Sessions / délai d'arrivée de la 1ère goutte →



Sessions / dates de tombée des gouttes →



PS / Ecoulement →

SxP0	Moy	Std
S1P0	14.9167	0.8952
S2P0	10.2083	0.4593
S3P0	10.1875	0.4451

SxP0	Moy	Std
S1P0	0.1413	0.0522
S2P0	0.5717	0.0848
S3P0	0.5635	0.0651

SxP0	Moy	Std
S1P0	0.9060	0.1714
S2P0	0.9463	0.2900
S3P0	0.8550	0.2492

Méthode : la moyenne rend compte de la reproductibilité de la date à laquelle les gouttes tombent

S'il y a une cohérence => intensité des pics élevée

Si plus répartis => signal plus aplati

Résultats « timing »

	Session S1	Sessions S2 et S3
Nombre de gouttes	Stable ~10	Stable ~15
Durée de formation des gouttes	Stable, S1 < S2/S3	
Délai d'arrivée de la 1^{ère} goutte	~ 1 seconde* Variabilité plus importante pour S2/S3	
Date à laquelle les gouttes tombent	Plutôt régulier Même cadence intra-session	

*Remarque :

on a observé un "retour d'air" qui pourrait expliquer ce retard (pour un même PS), celui-ci peut-être compenser en poussant légèrement (quelques ml/h) pendant l'inactivité des PS.

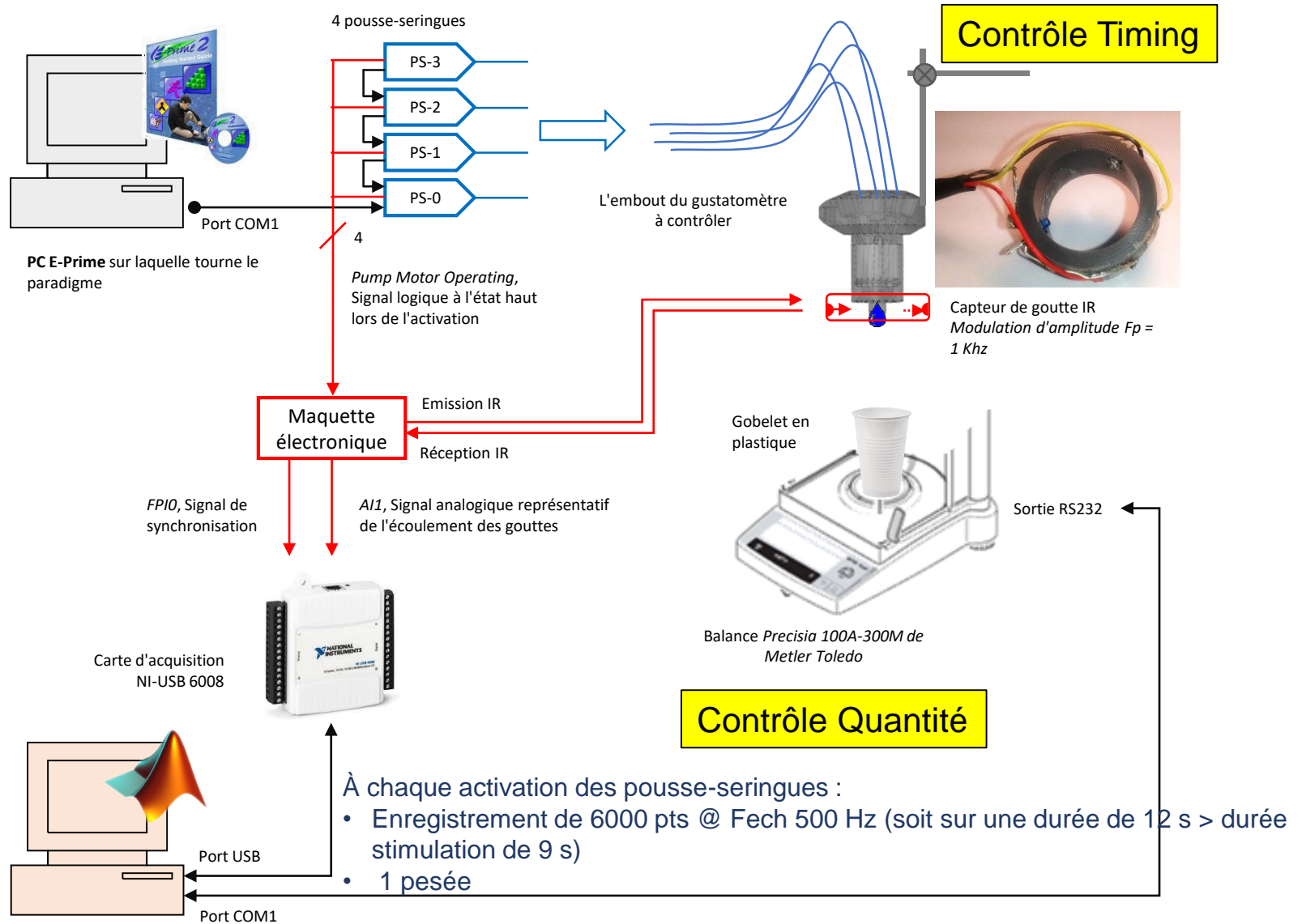
→ Programme « Anti-Retour d'air »

Conclusion

On a des différences intersession, mais on des timing plutôt **reproductibles** intra-session, c'est ce qu'on recherchait.



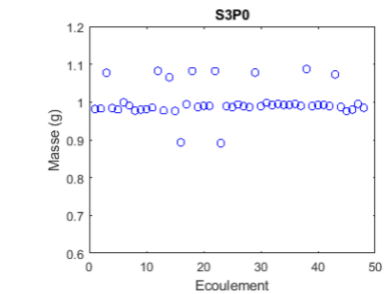
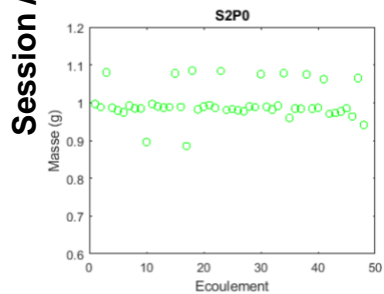
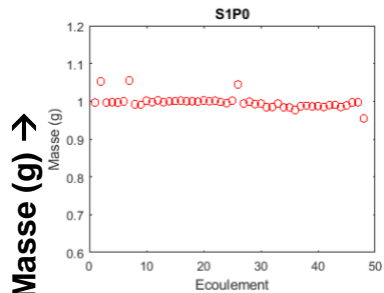
Mise en œuvre de la métrologie



Dispositif compatible IRMF de stimulations des sens chimiques chez l'homme

4 au 7 Octobre 2021 - Abdlatif Benmoussa – Les J2M 2021

Analyse des pesées



Session / Masse (g) →

PS / Ecoulement →

SxP0	Moy	Std
S1P0	0.9968	0.0164
S2P0	0.9963	0.0440
S3P0	0.9988	0.0412

On voit que c'est stable et reproductible.
L'écart-type est faible = stable.

Conclusion

La solution délivrée est d'~ 1 ml de manière très **reproductible**, c'est ce qu'on recherchait.



Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme

2. Réalisation du paradigme



Conception et réalisation du paradigme

→ **Projet Choix Vs Non Choix**

Comment ?

E-Prime, le centre névralgique du stimulateur

Il permet de concevoir le paradigme.

Facile à utiliser pour des expérience simples avec les objets proposés.

Par contre,

Pour ce qui sort de l'ordinaire, Echelle Visuelle Analogique, Choix Visuel, Communication avec les PS etc...

→ **Obliger de programmer en langage E-basic (proche de VB)**

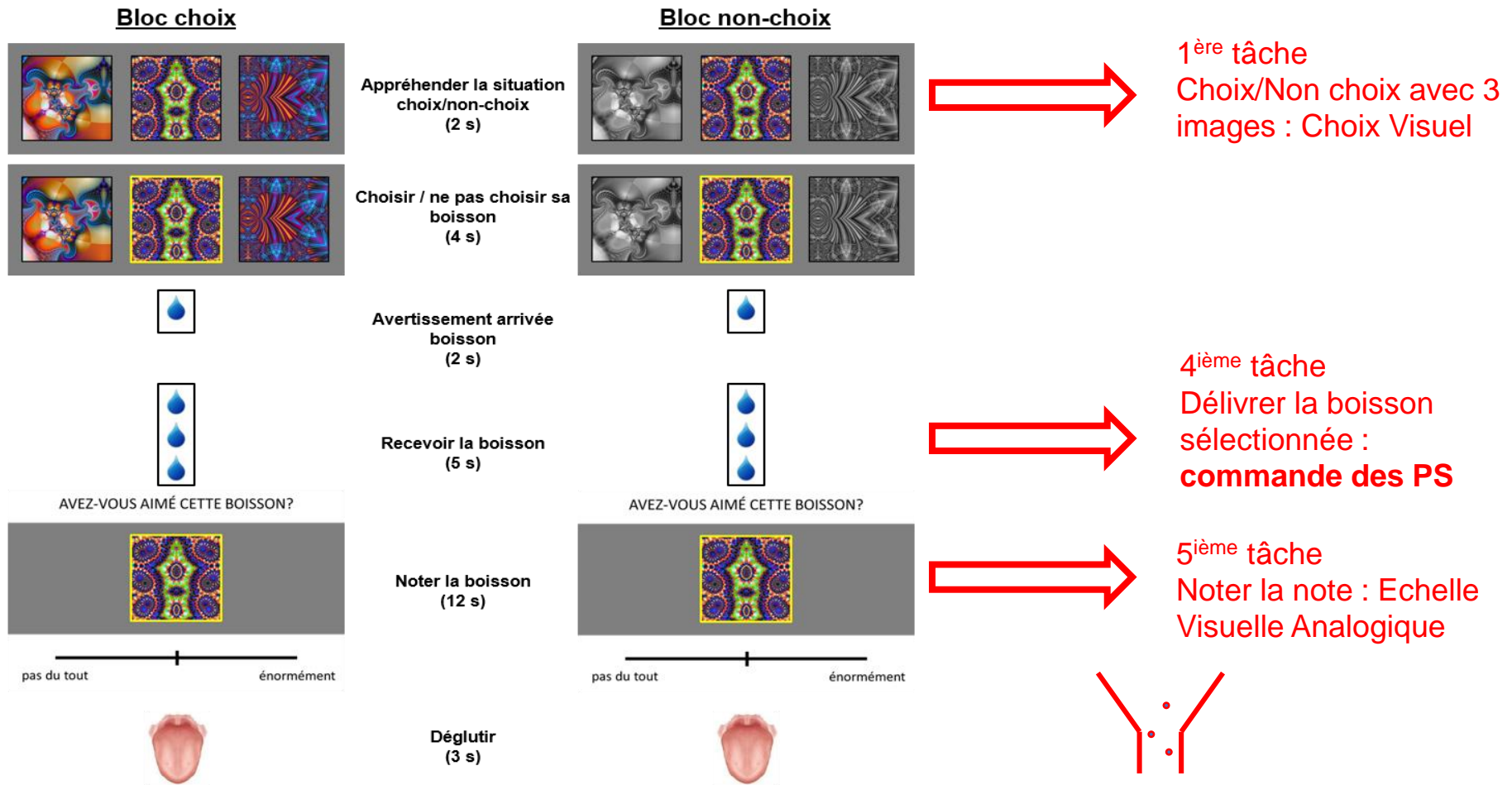


E-Prime Professional (V2)

The screenshot displays the E-Prime Professional software interface. The main window shows a list of beverages (ListBoissons) with columns for ID, Weight, Nested, Procedure, AddressPS, NomBoisson, T1, L1, and R1. The list includes items like Super fruits, AuchanPur JusOrange, and others. Below the list, two experimental trials are visible: 'Ready1' and 'Drink'. The 'Ready1' trial displays the text 'Ouvrez la bouche' (Open your mouth) and a single blue droplet. The 'Drink' trial displays the text 'Gardez la boisson en bouche' (Keep the drink in your mouth) and three blue droplets. The interface also includes a toolbar on the left, a Properties panel for the ListBoissons object, and an Output window at the bottom.

ID	Weight	Nested	Procedure	AddressPS	NomBoisson	T1	L1	R1
1	1		ProcBoissons	1	Ssuper fruits	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément
2	1		ProcBoissons	2	AuchanPur JusOrange	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément
3	1		ProcBoissons	3	AuchanPur JusPomme	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément
4	1		ProcBoissons	4	JokerLeFruitPamplemousse	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément
5	1		ProcBoissons	5	LiptonIceTeaPeche	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément
6	1		ProcBoissons	6	OasisFraiseBanane	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément
7	1		ProcBoissons	7	OceanSprayCranberry	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément
8	1		ProcBoissons	8	SuperfruitsMyrtilleRaisin	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément
9	1		ProcBoissons	9	TesseereSiropeche	Aimez-vous cette boisson ?	Pas du tout	Enormément

Paradigme à construire : Choix Vs Non Choix



Construction du paradigme

Les points particuliers

La programmation des Pousses-Seringues (programme à part)

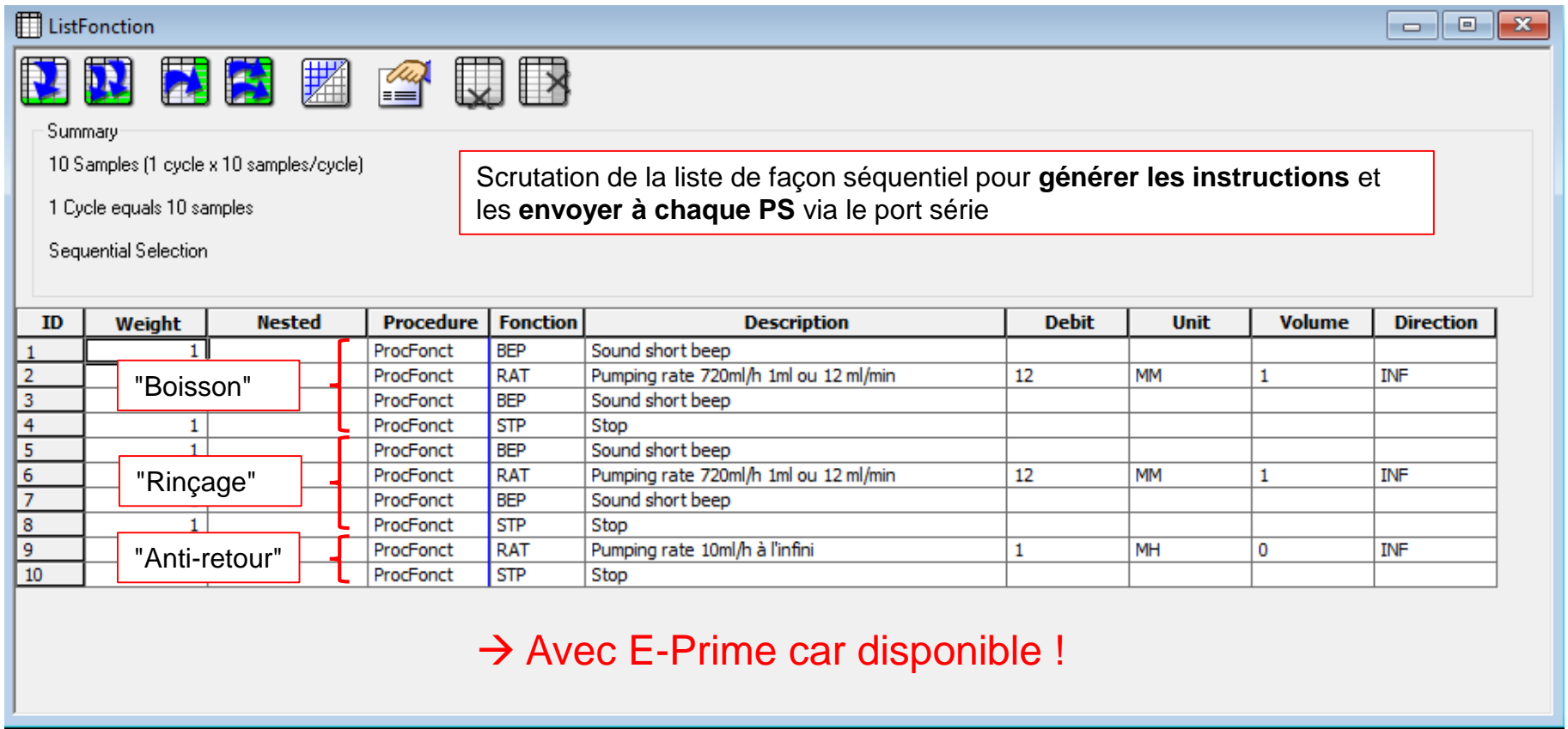
La communication entre E-Prime et les PS (dans le paradigme)



Programmation des PousSES-Seringues

Implémentation de 3 sous-programmes dans chaque Pousse-Seringue

- Pour délivrer **1ml de boisson en 5 s**
- Pour le rinçage, **1ml d'eau en 5 s**
- Pour compenser le retour d'air observé, **1 ml/h indéfiniment**, pendant l'inactivité des PS (à ajuster)



Summary

10 Samples (1 cycle x 10 samples/cycle)

1 Cycle equals 10 samples

Sequential Selection

Scrutation de la liste de façon séquentiel pour **générer les instructions et les envoyer à chaque PS** via le port série

ID	Weight	Nested	Procedure	Fonction	Description	Debit	Unit	Volume	Direction
1	1		ProcFonct	BEP	Sound short beep				
2	"Boisson"		ProcFonct	RAT	Pumping rate 720ml/h 1ml ou 12 ml/min	12	MM	1	INF
3			ProcFonct	BEP	Sound short beep				
4	1		ProcFonct	STP	Stop				
5	1		ProcFonct	BEP	Sound short beep				
6	"Rinçage"		ProcFonct	RAT	Pumping rate 720ml/h 1ml ou 12 ml/min	12	MM	1	INF
7			ProcFonct	BEP	Sound short beep				
8	1		ProcFonct	STP	Stop				
9	"Anti-retour"		ProcFonct	RAT	Pumping rate 10ml/h à l'infini	1	MH	0	INF
10			ProcFonct	STP	Stop				

→ Avec E-Prime car disponible !

La communication entre E-Prime et les PS

Ajout d'une tâche qui s'exécute dès la fin de la slide "ReadyStim" qui précède l'écoulement de la boisson

ReadyStim.FinishTime Options

Delay: 0

Task Name: Serial

Action: WriteString

Parameter Source: (custom)

Custom: [AdressPS]RUN[ProgBois]

Data Type: String

Enabled: Yes

Envoie sur le port série d'une chaîne de caractère

ID	Weight	Nested	Procedure	Position1	Position2	Position3
1	1		ProcChoixNonChoix	1	2	3
2	1		ProcChoixNonChoix	1	3	2
3	1		ProcChoixNonChoix	2	1	3
4	1		ProcChoixNonChoix	2	3	1
5	1		ProcChoixNonChoix	3	1	2
6	1		ProcChoixNonChoix	3	2	1

Indexation sur la liste de choix importée (en tableau)

AdressPS	3	8	6
Boisson	Auchan Pur Jus Pomme	Superfruits Myrtille Raisin	Oasis Fraise Banane
Image	ImageC	ImageA	ImageB

Instruction dynamique avec [] pour appeler une variable du cycle actuel de la "VcList"

[AdressPS]RUN[ProgBoisson][CR]

Exemple :

si **imageA** a été sélectionnée **08RUN01\r\n** pour délivrer la boisson N°8 (Superfruits Myrtille Raisin)

Constante prédéfinie



Démo

Bienvenue



INRAE

Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme
4 au 7 Octobre 2021 - Abdlatif Benmoussa – Les J2M 2021

Conclusion

Conditions répétables pour une même session

- Programme "anti-retour d'air "
- Placement de l'embout du gustatomètre juste au dessus de la langue pour que toutes les gouttes résiduelles soient consommées

Ce gustatomètre a déjà fonctionné sur 3 projets

- La diminution du sel dans les aliments
- Pleasirm (effet surprise)
- Pleasin (choix VS non-choix)

Pour ce dernier

- Plus de 60 sujets
- Des données directement exploitables au post-traitement d'image
- Une traçabilité des données garantie
- Un risque d'erreur fortement réduit

Valorisation

- [Differences in BOLD responses in brain reward network reflect the tendency to assimilate a surprising flavor stimulus to an expected stimulus – NeuroImage, 2018](#)
- [Striatal and cingulate fMRI responses to unexpected taste reflect behavioral effects of expectations](#)
- [Assimilation of a surprising flavor stimulus to an expected one decoded by MVPA](#)
- [P034: Étude par imagerie fonctionnelle des réponses cérébrales aux stimulations alimentaires d'intensité variable](#)



Merci pour votre attention !



INRAE

Dispositif compatible IRMf de stimulations des sens chimiques chez l'homme
4 au 7 Octobre 2021 - Abdlatif Benmoussa – Les J2M 2021