

Variabilités émotionnelle et neurophysiologique dans la perception olfactive : étude par l'intelligence artificielle

Maëlle Moranges

Directeurs de thèse : Moustafa Bensafi, Marc Plantevit

Membres du jury : Peggy Cellier, Caroline Huart, Céline Rouveirol , Denis Pierron, Mohand-Saïd Hacid



SOUTENANCE DE THÈSE

18/01/23



Les émotions

Définition

Une réponse émotionnelle est de nature brève et intense et se caractérise par 3 attributs :

- Des réactions comportementales et expressives.
- Des réactions neurophysiologiques.
- Des réactions cognitives et une expérience subjective.

Les émotions

Mesures

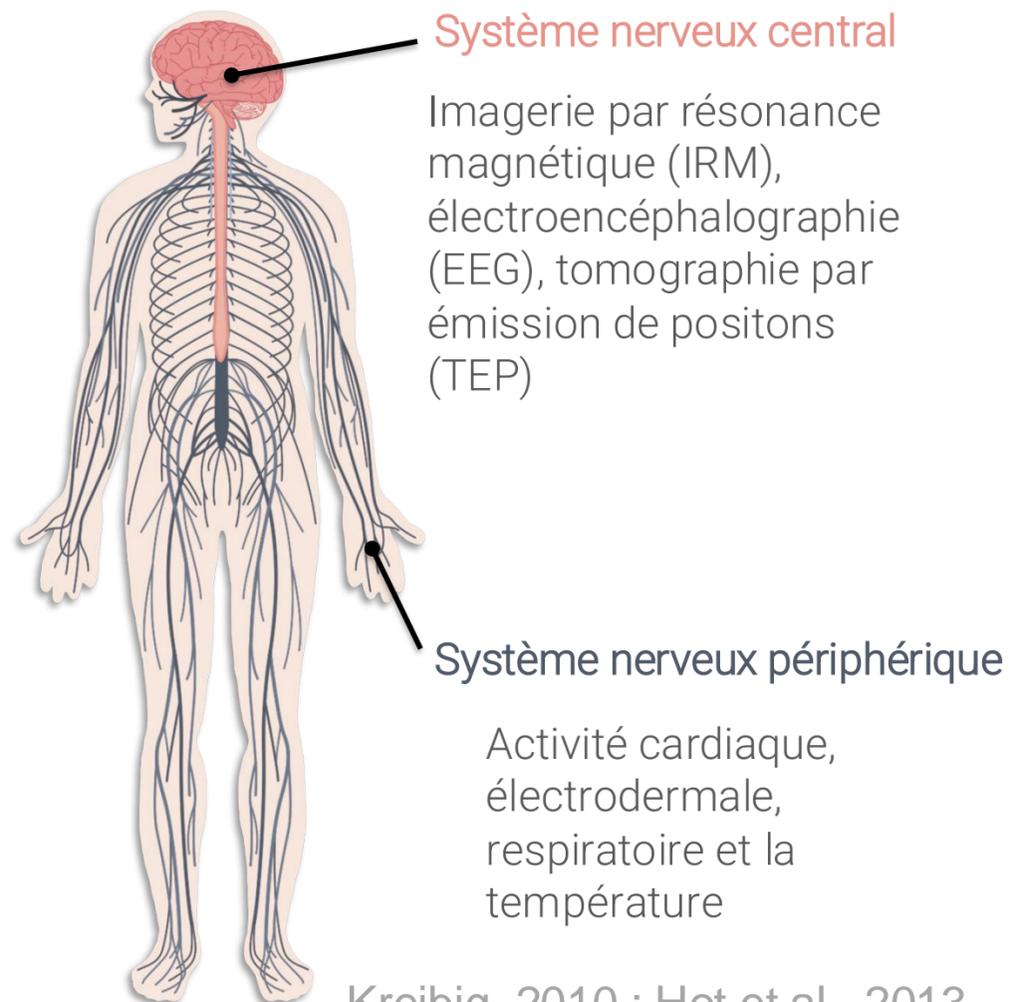
Expressions



Electromyogramme,
Techniques d'observations :
"Facial Action Coding System",
"Maximally discriminative facial
motion coding system"

Bettadapura, 2012 ; Korb et al. 2013

Réactions neurophysiologiques



Kreibig, 2010 ; Hot et al., 2013

Évaluations cognitives

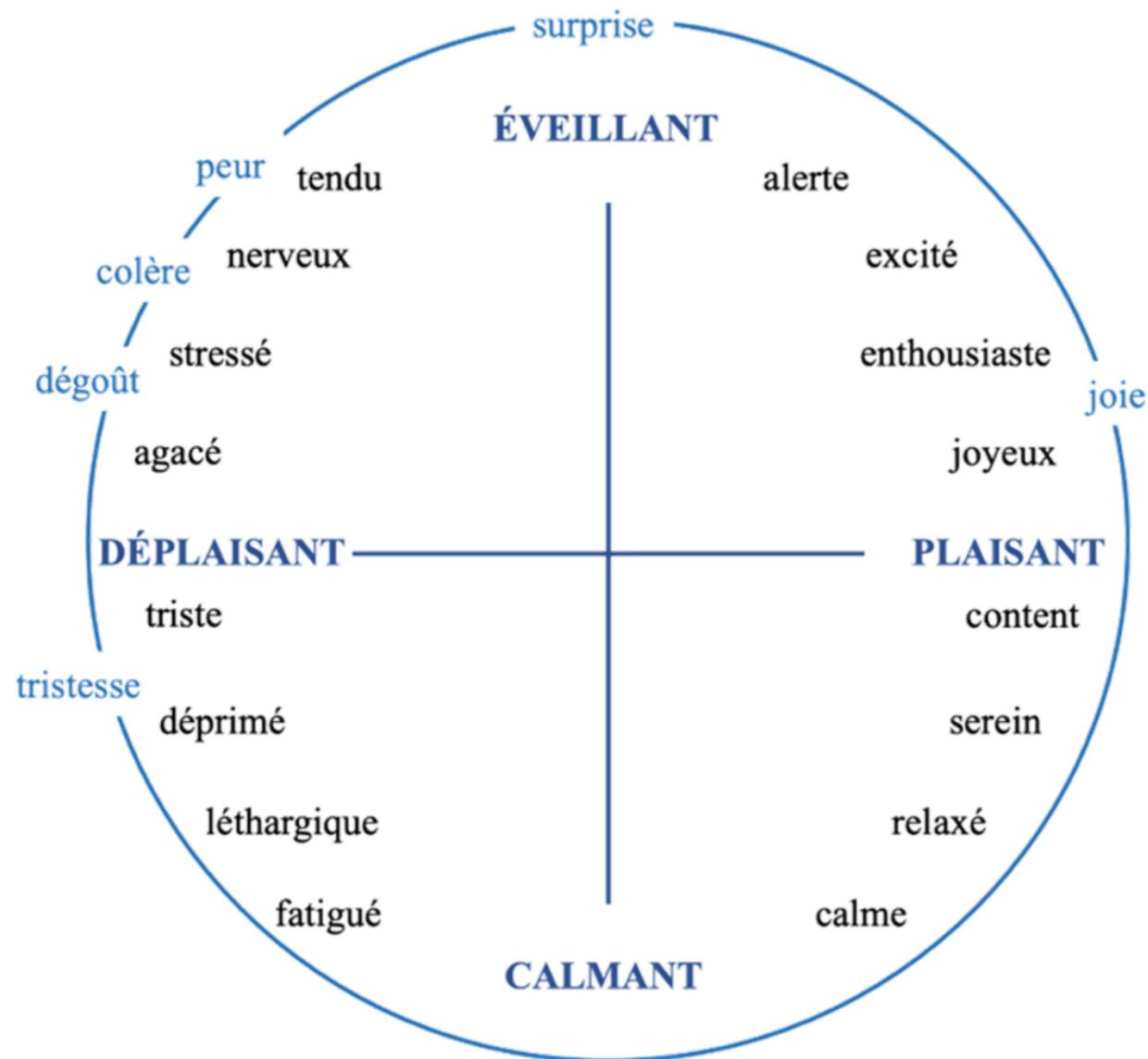


Rapport oral ou écrit,
questionnaire,
échelles de notations

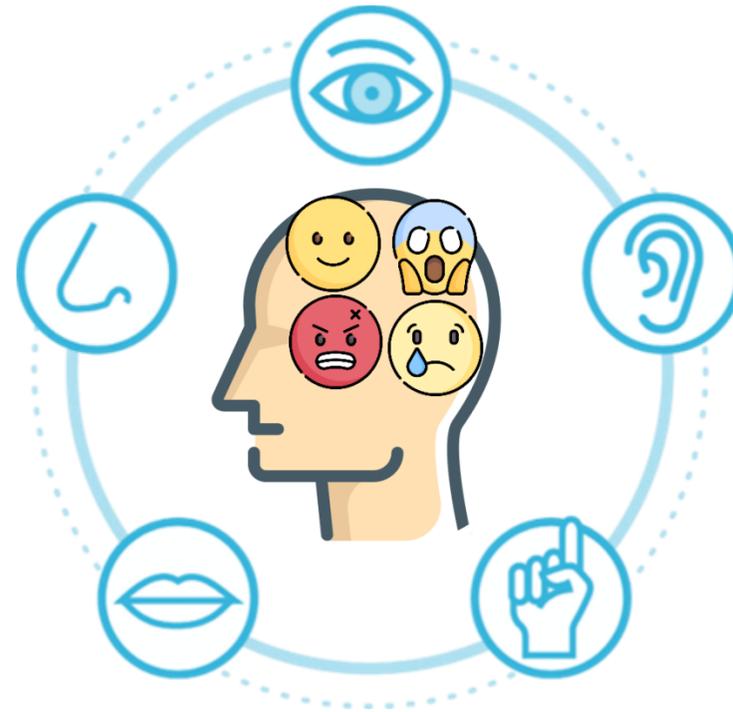
Keltner et al. 2000

Les émotions

Modèles



- Les émotions de base seraient universelles, en nombre limité et auraient chacune un rôle adaptatif dans l'évolution.
- Chaque émotion serait décrite sur deux dimensions indépendantes : la valence (plaisir/déplaisir) et le degré d'éveil (stimulant/calmant). Les émotions proches sur la structure circulaire sont corrélées positivement et celles placées à 180° sont corrélées négativement.



Les émotions

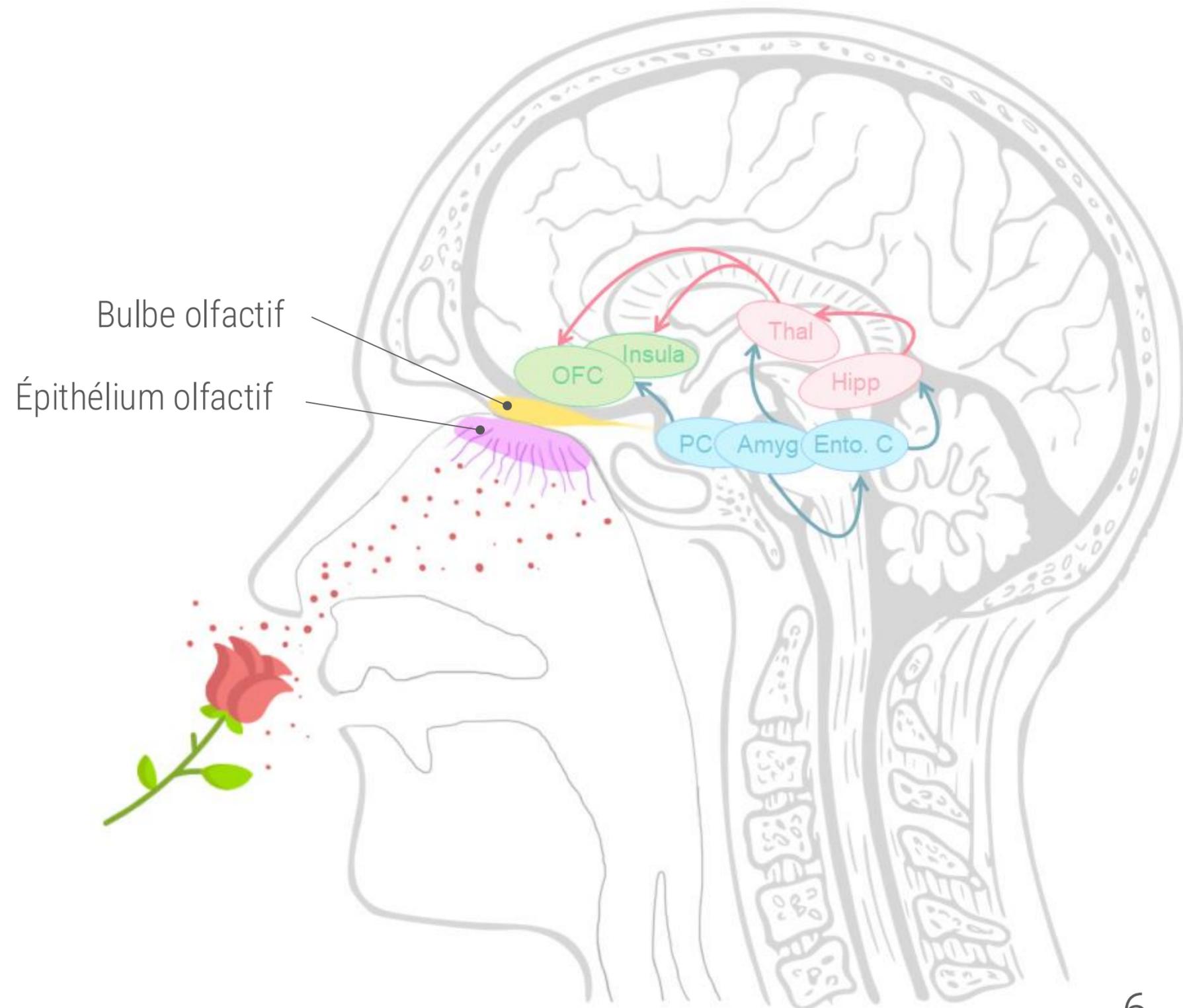
Déclencheurs

- Stimulations internes. Exemples : faim, maux de ventre, souvenir
- Stimulations environnementales traitées par des modalités sensorielles. Exemples : une musique, une odeur

L'olfaction

Fonctionnement

Une **odeur** est une perception qui résulte de l'interaction entre une molécule ou un mélange de molécules émises par une source dans l'environnement et nos récepteurs olfactifs présents dans notre cavité nasale.



L'olfaction

Étude de l'activité du système nerveux central



IRMf

Régions impliquées dans la perception hédonique des odeurs :

- l'amygdale (Royet 2000 ; Royet , 2003)
- cortex piriforme antérieur (Gottfried, 2002 ; Royet , 2003)
- l'insula (Royet , 2003)
- cortex orbitofrontal (Anderson , 2003 ; Royet , 2003 ; Kringelbach , 2005)

Zones davantage activées par les odeurs déplaisantes que par les odeurs plaisantes :

- amygdale (Zald , 19997 ; Gottfried, 2002 ; Royet , 2003)
- l'insula gauche (Royet , 2003 ; Bensafi , 2007)
- cortex piriforme antérieur gauche (Gottfried, 2003 ; Bensafi , 2007)



EEG

- La valence des odeurs semble être représentée dans les lobes frontaux et temporaux (Kroupi, 2016)
- Activation frontale droite unilatérale pour les odeurs déplaisantes (Yazdani, 2012 ; Kroupi 2014)
- Activation frontale gauche unilatérale pour les odeurs plaisantes (Kline, 2000)
- Traitement plus rapide des odeurs déplaisantes que plaisantes (Kato, 2022)
- Les classifieurs discriminent les odeurs déplaisantes et plaisantes au niveau des bandes de fréquence δ , β et γ (Yazdani, 2012 ; Kroupi 2014 ; Kroupi, 2016 ; Becerra, 2018)

L'olfaction

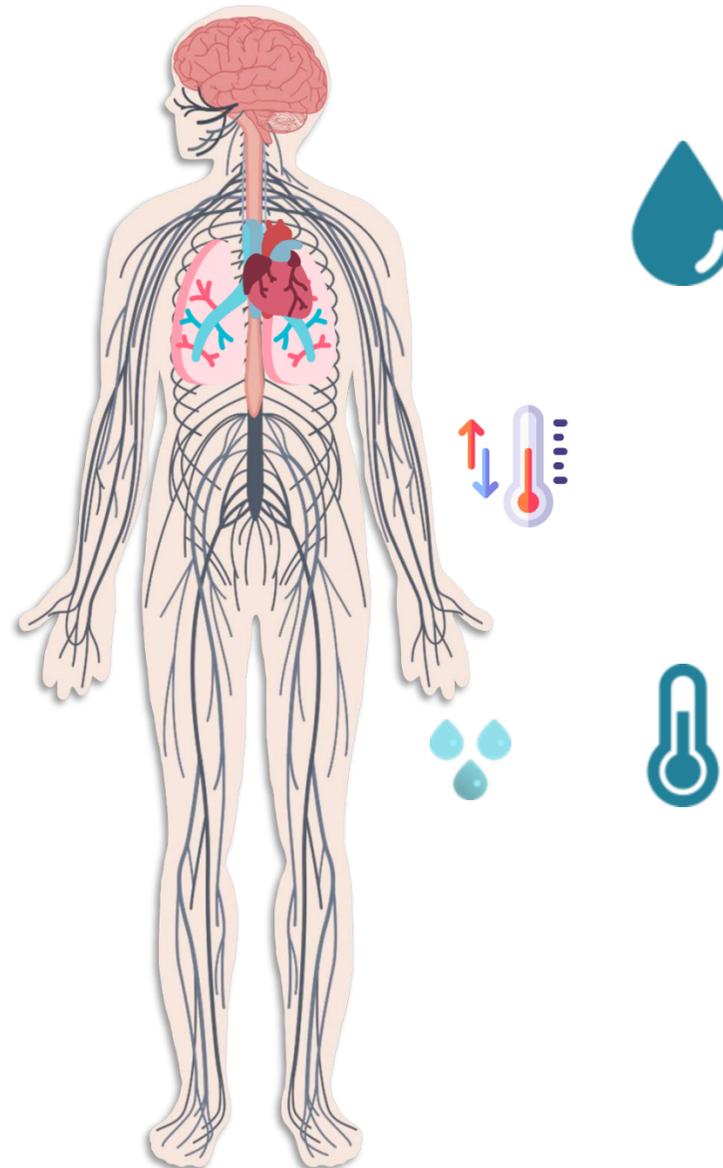
Étude de l'activité du système nerveux autonome



Plus une odeur est déplaisante (resp. plaisante) plus le rythme cardiaque augmente (resp. diminue).
(Alaoui-Ismaïli, 1997 ; Bensafi, 2002 ; He 2014)



Les odeurs plaisantes augmentent le volume d'air inspiré, diminuent la fréquence respiratoire et les odeurs déplaisantes diminuent le volume d'air inspiré et augmentent la fréquence respiratoire.
(Masaoka , 2005)



Les odeurs déplaisantes se caractérisent par une réponse électrodermale plus longue
(Alaoui-Ismaïli, 1997 ; Robin , 1998 ; Brand , 200 ; Masaoka, 2005 ; Glass , 2014) et plus élevée en termes d'amplitude que les odeurs plaisantes. (Brauchli , 1995 ; He 2014).



La température des doigts était plus élevée pour les odeurs plaisantes que déplaisantes. (de Wijk 2012, He 2014)

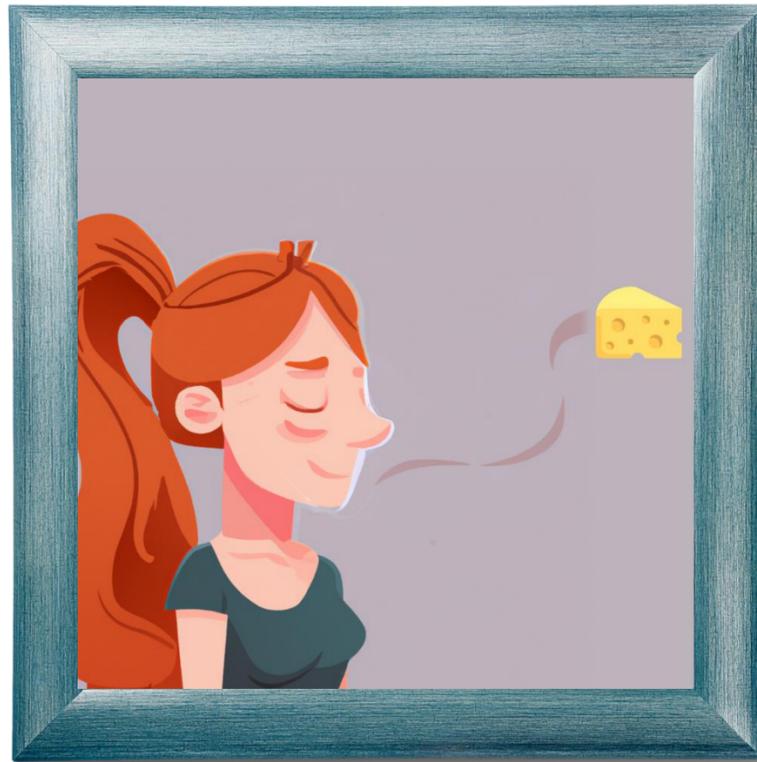
L'olfaction

Fonctions

- la prévention d'un danger



- l'alimentation



- la communication sociale



L'olfaction

Variabilité inter-individuelle

Une même odeur peut être perçue différemment par des individus distincts.

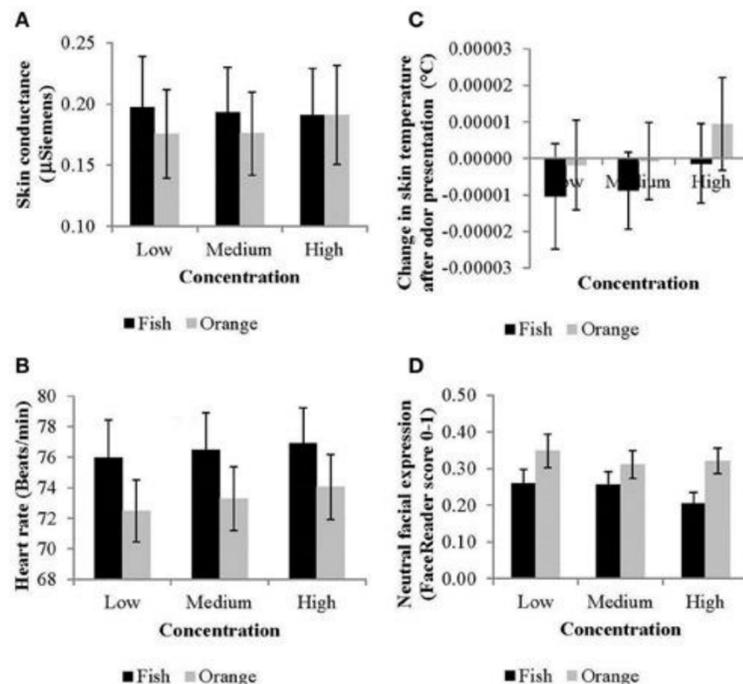


Étude de la neurophysiologie dans la perception olfactive

L'absence de la prise en compte de la variabilité individuelle

Tests statistiques

Comparaison de moyennes/médianes : t-test, ANOVA, MANOVA, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney etc.



Classification

Construction de modèles classifiant tous les éléments du jeu de données : ANN, SVM, etc.

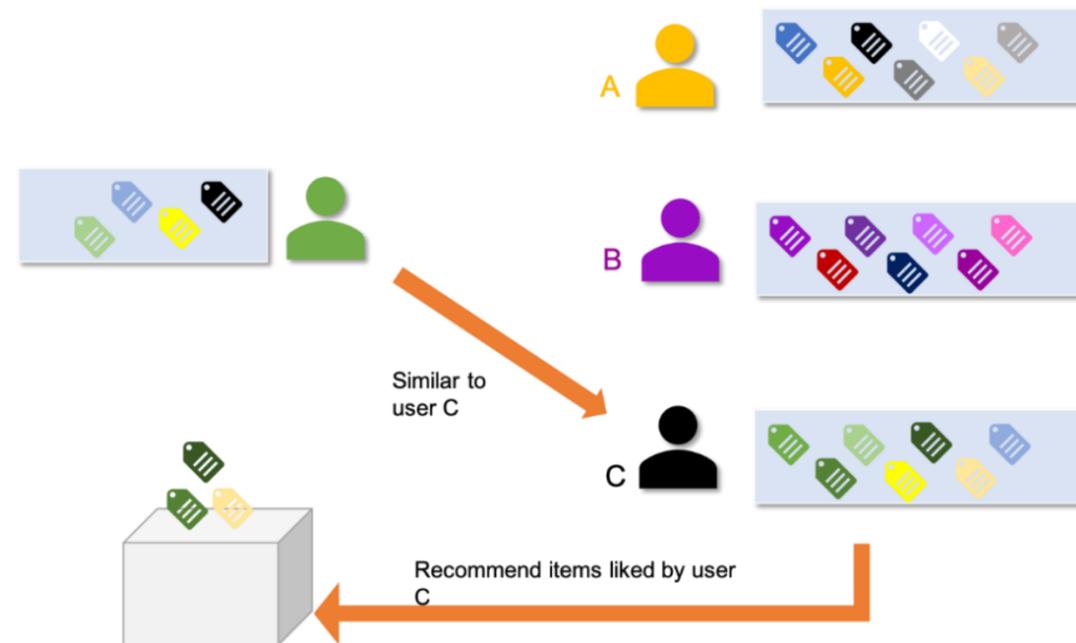
Classes	Pleasant	Unpleasant	Neutral
Pleasant	0.26	0.34	0.4
Unpleasant	0.27	0.31	0.42
Neutral	0.26	0.36	0.38

TABLE 2 Confusion Matrix for All Subjects Using HRV Features

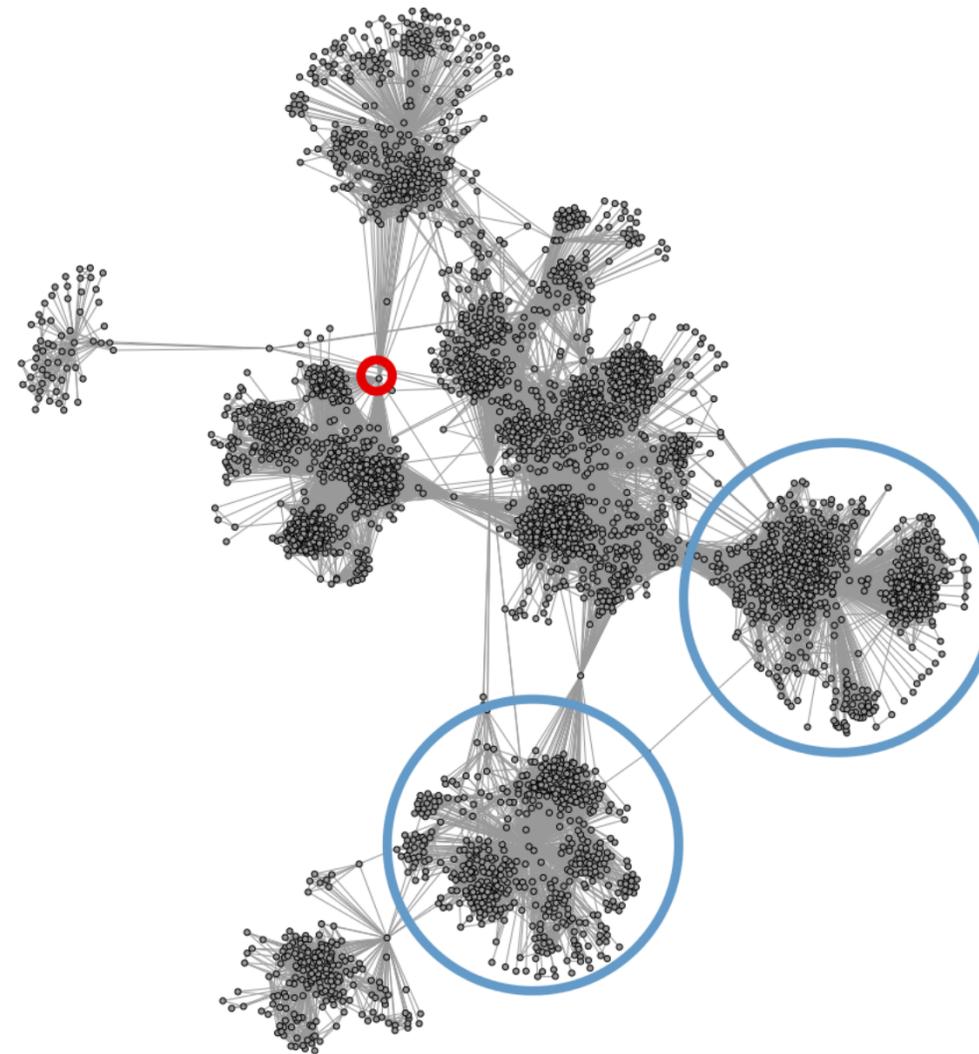
Classes	Pleasant	Unpleasant	Neutral
Pleasant	0.54	0	0.46
Unpleasant	0	0.999	0.001
Neutral	0.54	0	0.46

TABLE 1 Confusion Matrix for All Subjects Using EEG Features

Études où l'on cherche à comprendre la variabilité



Systemes de recommandations
(règles d'association, clustering, classifieurs)
(Isinkaye et al., 2015)



Détection de communautés
(Creusefond, 2017)

Individuals (Parliamentarians)			
idi	Party	State	Age
i_1	Democrats	New York	32
i_2	Democrats	Florida	41
i_3	Republicans	Texas	45
i_4	Republicans	Chicago	39
i_5	Republicans	Washington	28
i_6	Republicans	Illinois	51

Party = Republicans

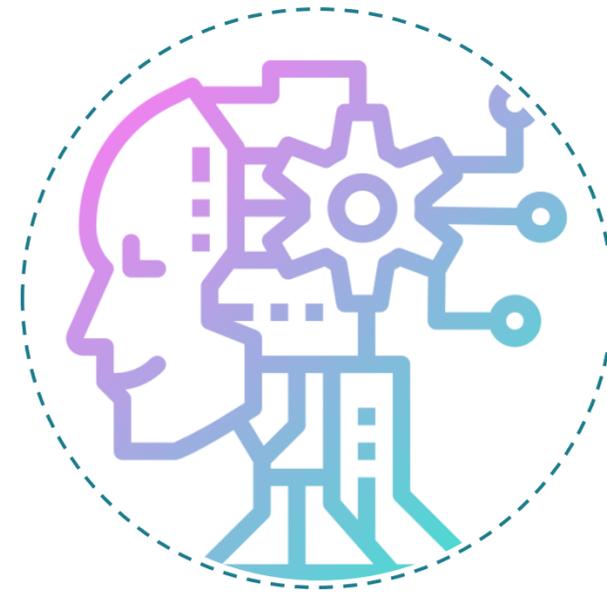
Entities (voting sessions)		
ide	Date	Themes
e_1	2016/04/16	1.05 National Budget
e_2	2016/05/16	5.03 Employee benefits
e_3	2016/06/16	7 Environment
e_4	2016/06/16	1.20 Citizen's rights; 20.11 Gov. Adm. Issues
e_5	2016/07/03	20.11 Gov. Adm. Issues
e_6	2016/07/29	20.11 Gov. Adm. Issues

Context = Government and
Administrative Issues related
voting sessions

		Context					
		e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
Group	i_1	👎					👍
	i_2		👍	👍			
	i_3		👎			👍	👎
	i_4	👍		👍	👎	👍	
	i_5	👍	👎		👍	👎	
	i_6	👍		👍			👎

agreement disagreement

Comprendre l'accord ou le
désaccord inter et intra-population
(Belfodil, 2020)



Science des données

L'exploration de données

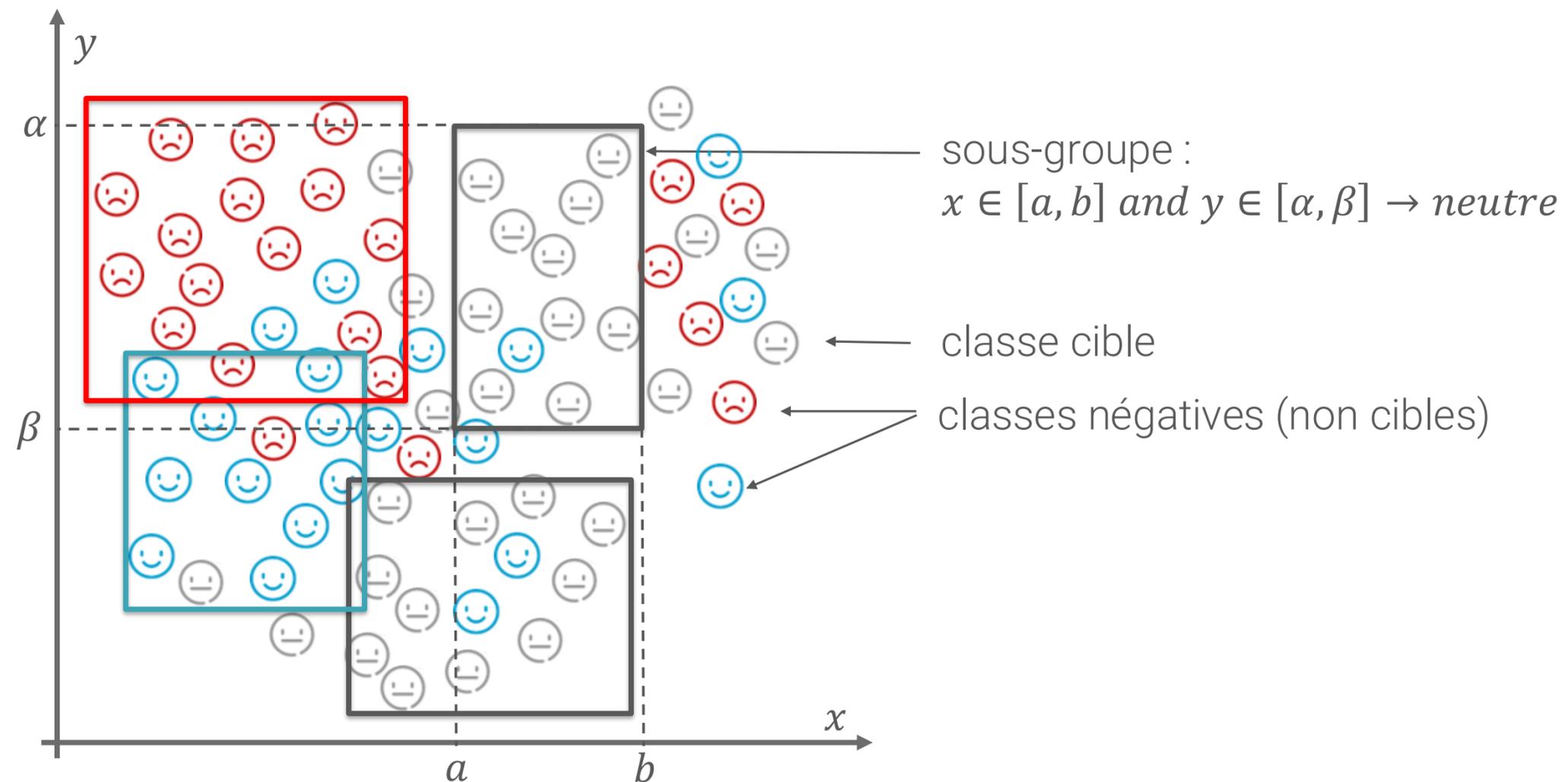
Data science : terme générique utilisé pour décrire les différents aspects de traitement des données : collecte, nettoyage, analyse et visualisation des résultats.

Data mining : extraction à partir de données de nouvelles connaissances non triviales, implicites, potentiellement utiles et exploitables.

Proposition

Découverte de sous-groupes

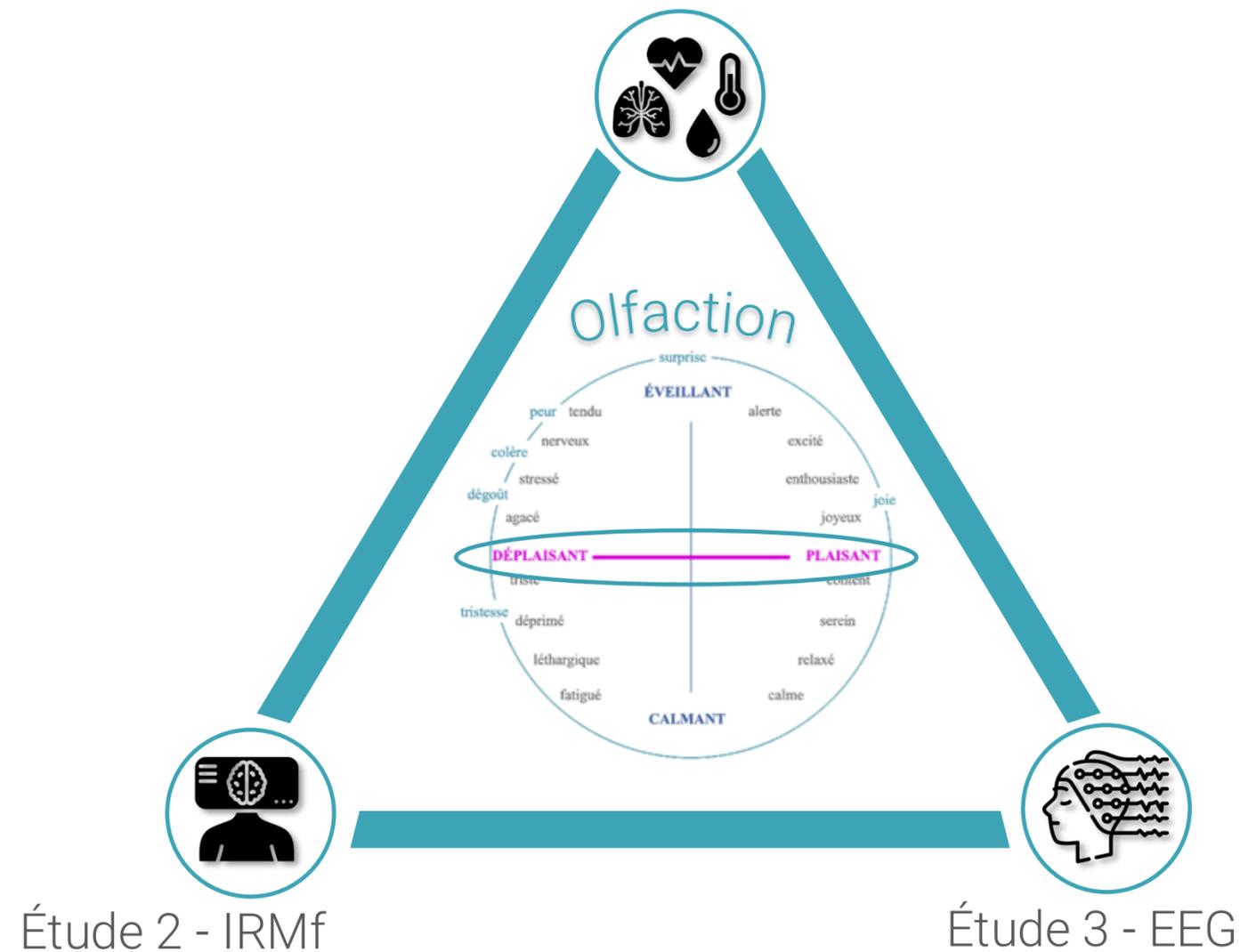
Les algorithmes de découverte de sous-groupes peuvent permettre la description et l'identification de motifs neurophysiologiques associés à un état affectif spécifique.



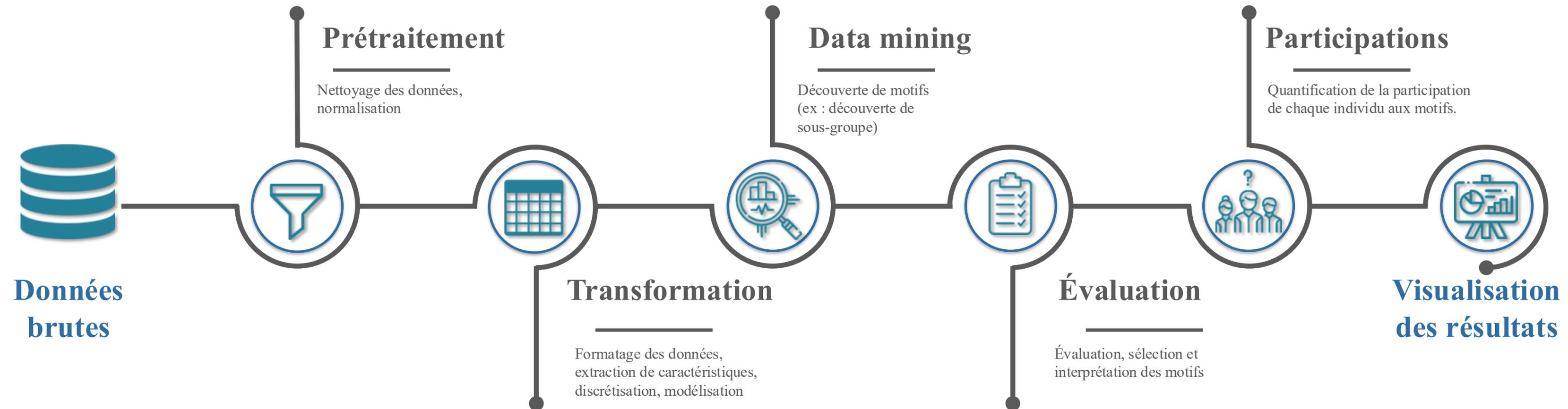
Objectif principal

Extraire des connaissances scientifiques sur la représentation hédonique des odeurs au sein du système nerveux tout en prenant en compte la variabilité inter-individuelle.

Étude 1 - psychophysiologie



Stratégie d'analyse



Étude 1: psychophysiologie

Expérience :



22 participants

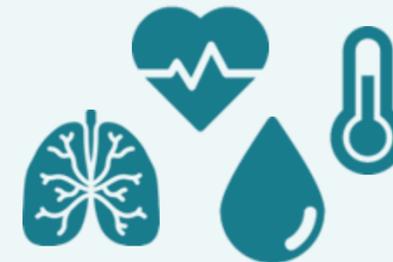


105 odorants



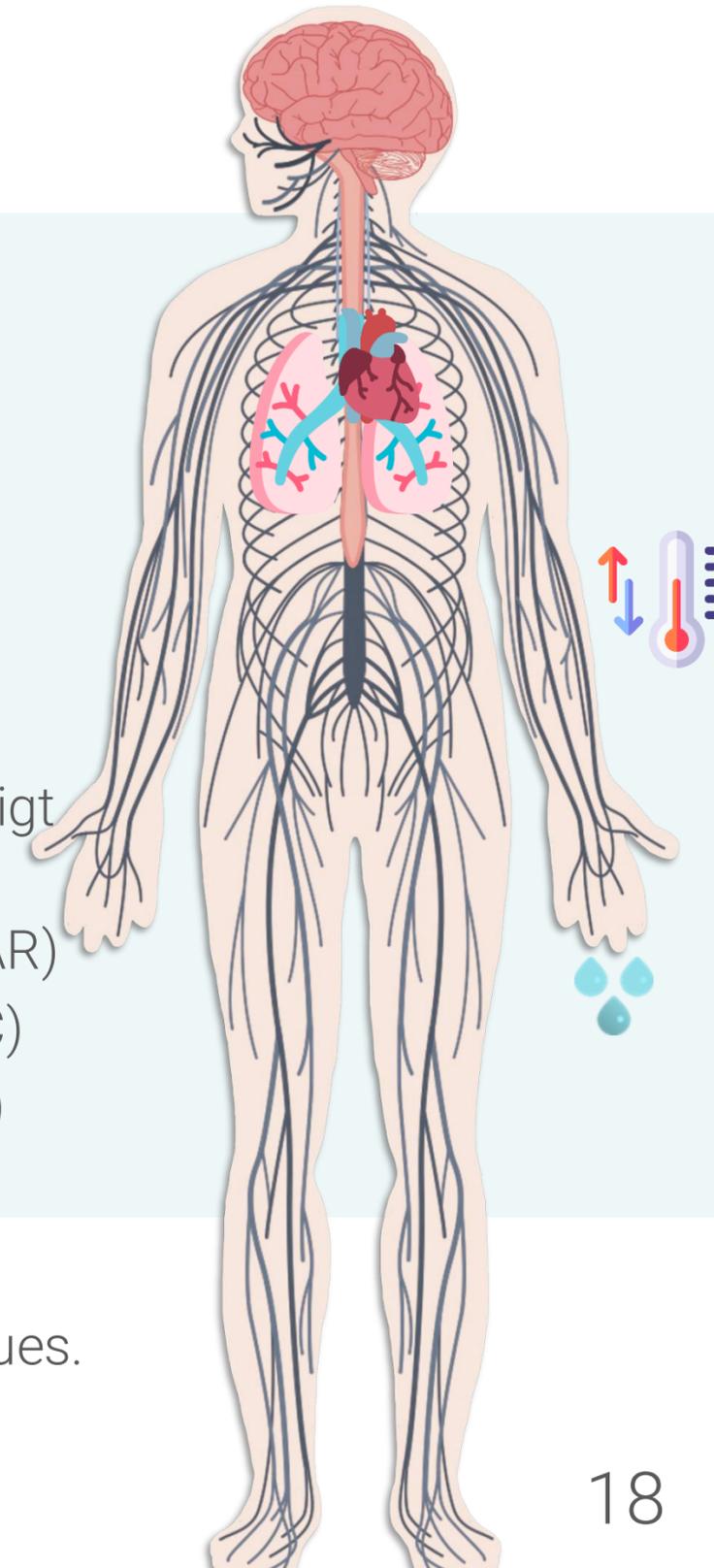
Notes perceptives

dont la valence



4 paramètres
psychophysologiques

- fréquence de pouls du doigt (FP)
- respiration abdominale (AR)
- conductance cutanée (SC)
- température cutanée (ST)



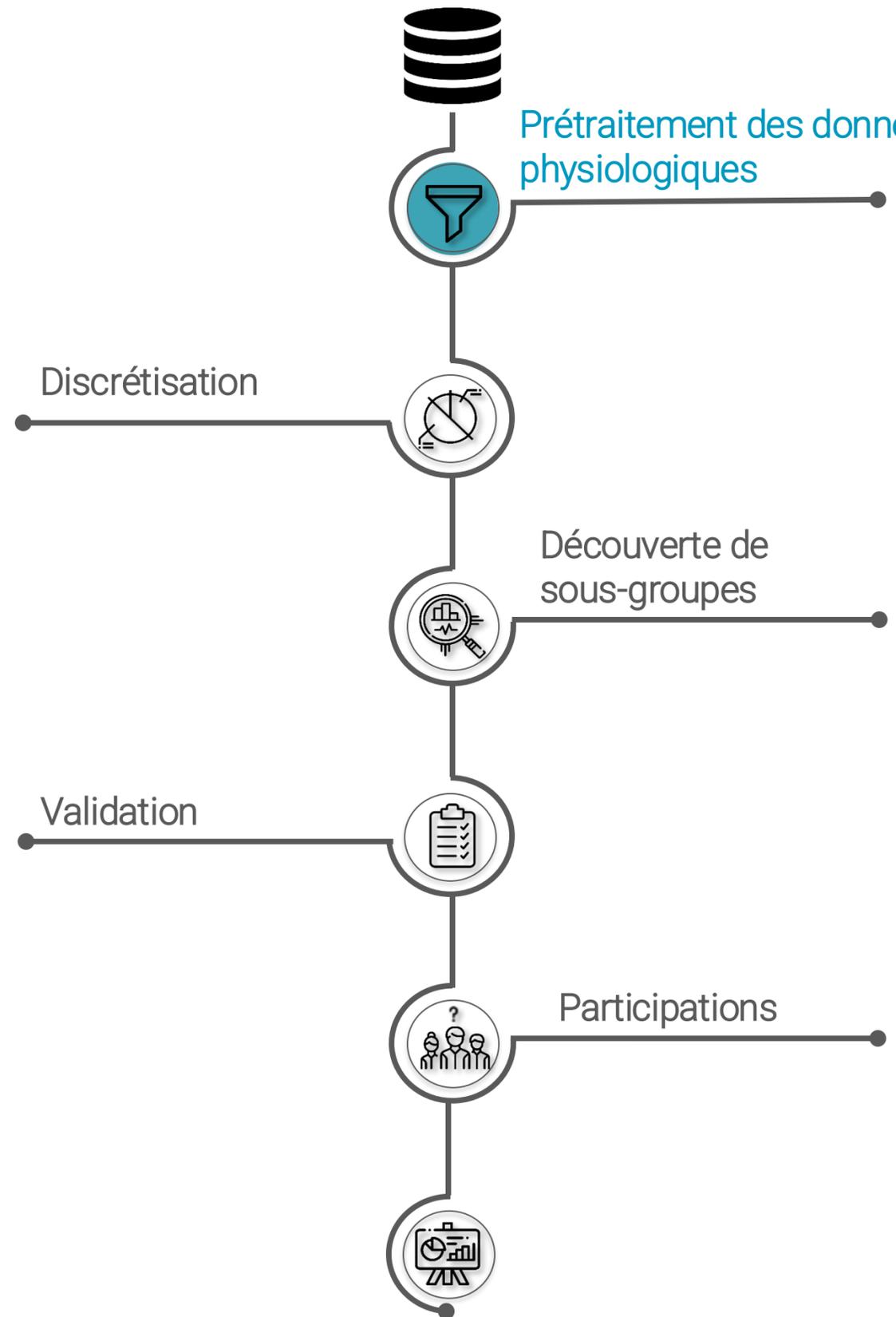
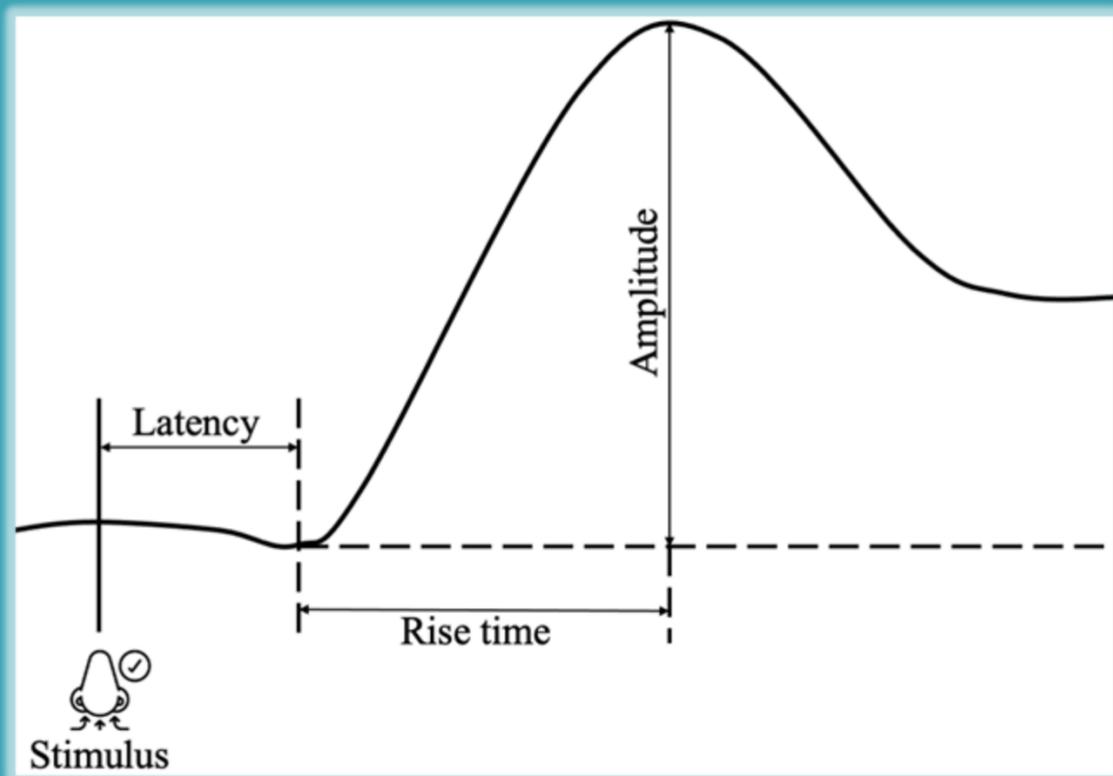
Collecte de données par Licon et al, 2018

Objectif : décrire le caractère hédonique d'une odeur à travers les réactions physiologiques périphériques.

Prétraitements



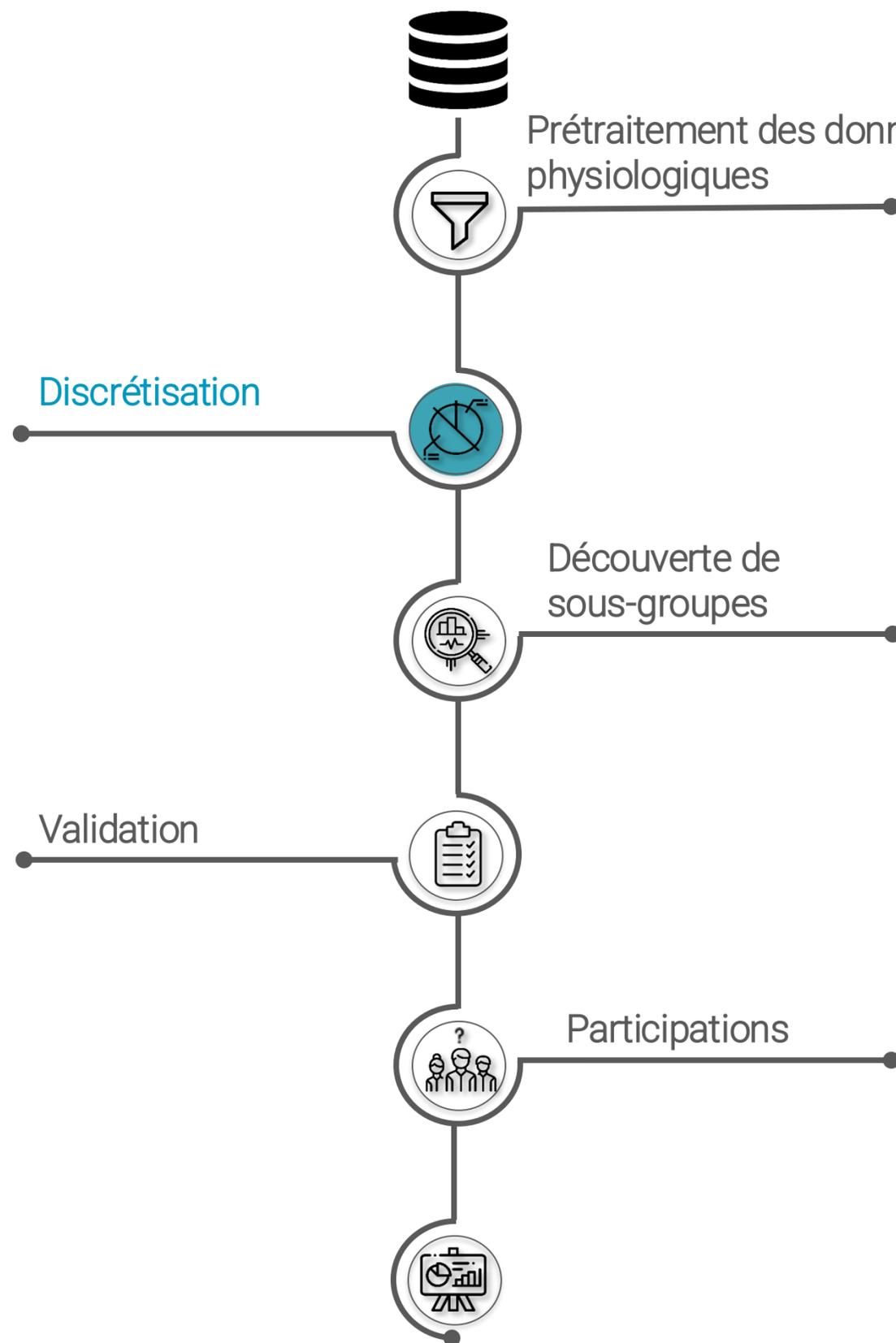
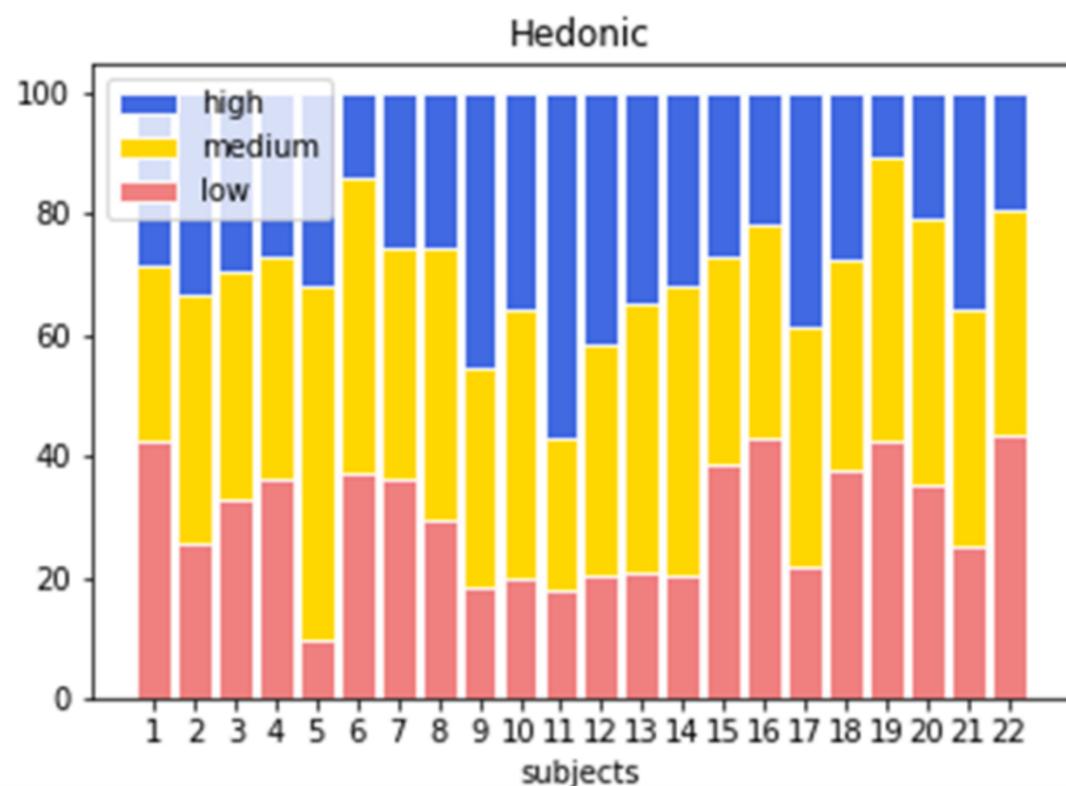
Découpage de la SC en 5 attributs: la latence (ms), le temps de montée (ms), l'amplitude (μS) et le nombre d'événements avant et après le stimulus (NSSCR).



Visualisation des résultats

Discrétisation

Catégorisation des notes avec les K-Means d'un état émotionnel en 3 classes pour chaque individu : déplaisant, neutre, et plaisant.

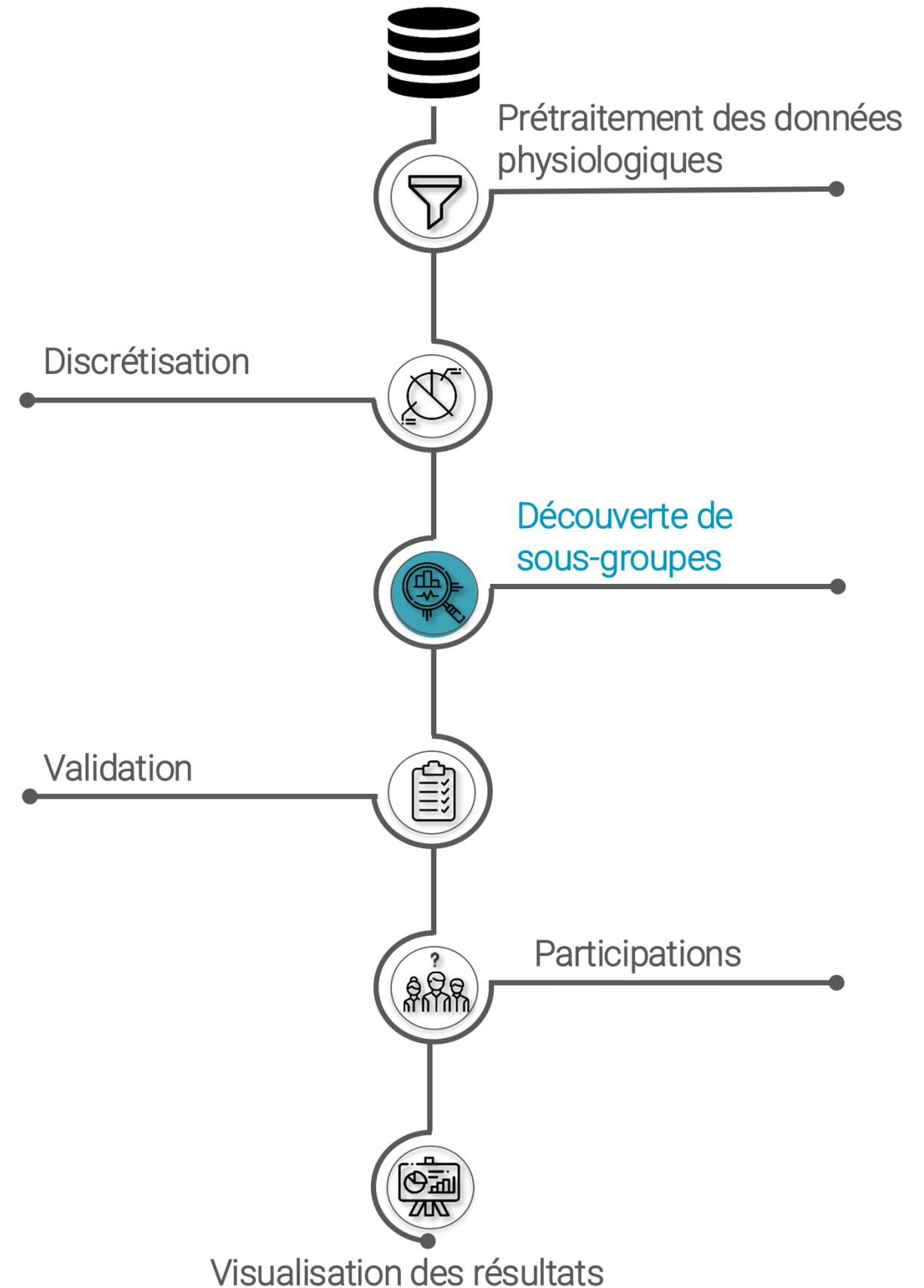


Découverte de sous-groupes

Extraction de règles descriptives où un état émotionnel est surreprésenté et les autres états sous-représentés.

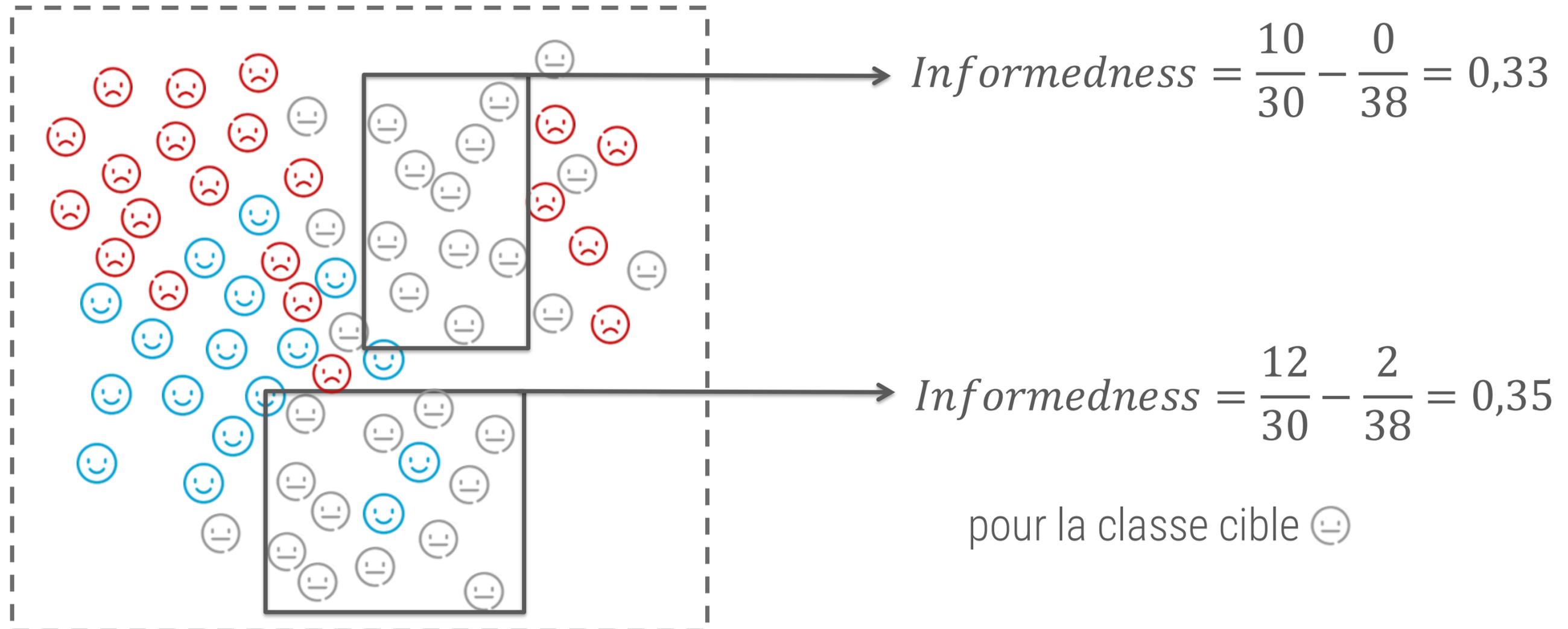
Algorithme utilisé :
Monteclopi utilisant Monte Carlo Tree Search

Mesure de qualité utilisée :
Informedness



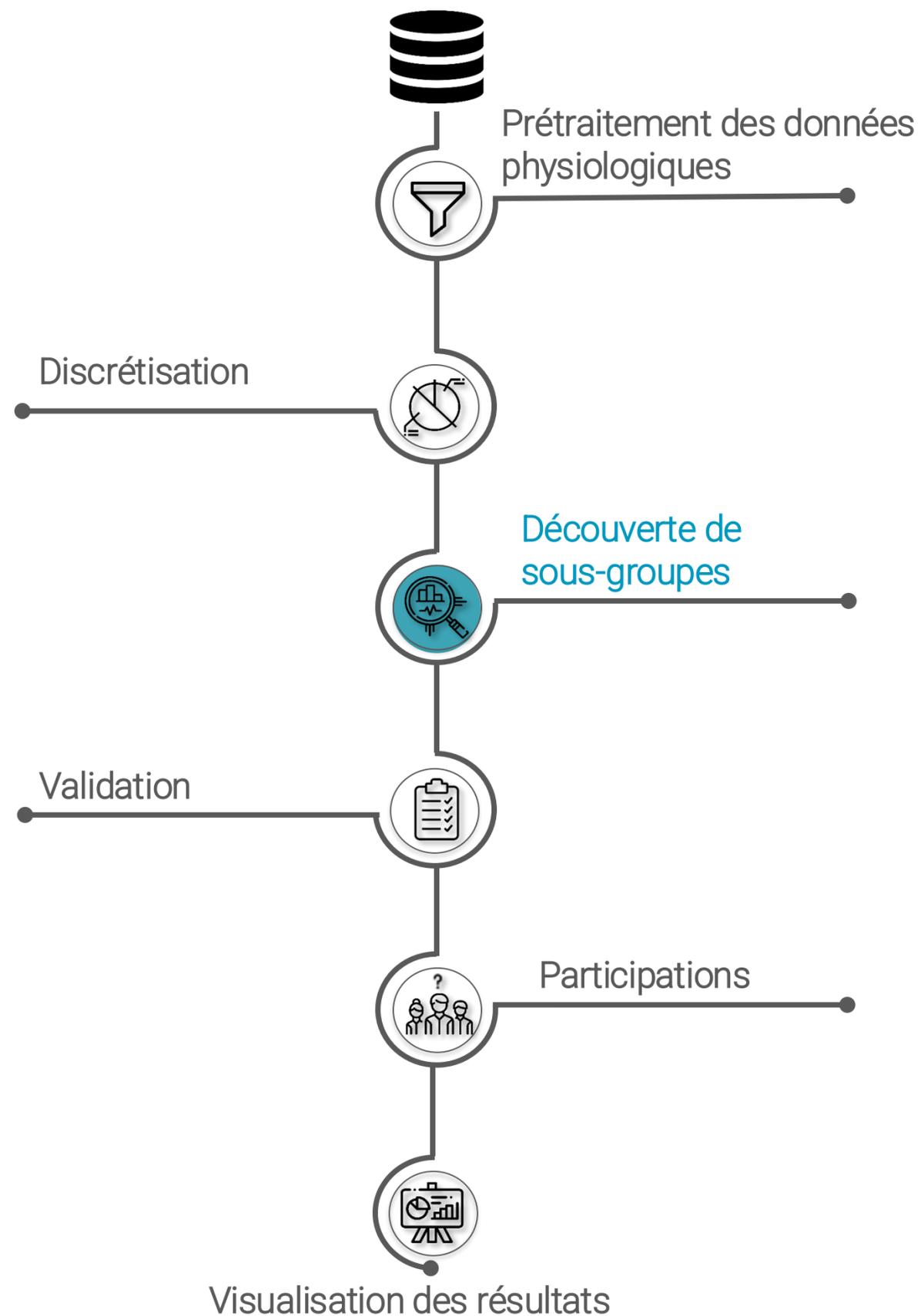
Mesure de qualité : l'informedness

$$\text{Informedness}(r, e, c) = \frac{|\text{cov}(r) \wedge D^{(e,c)}|}{|D^{(e,c)}|} - \frac{|\text{cov}(r) \wedge D^{(e,\neg c)}|}{|D^{(e,\neg c)}|} = \text{tpr} - \text{fpr}$$



Exemples de sous-groupes

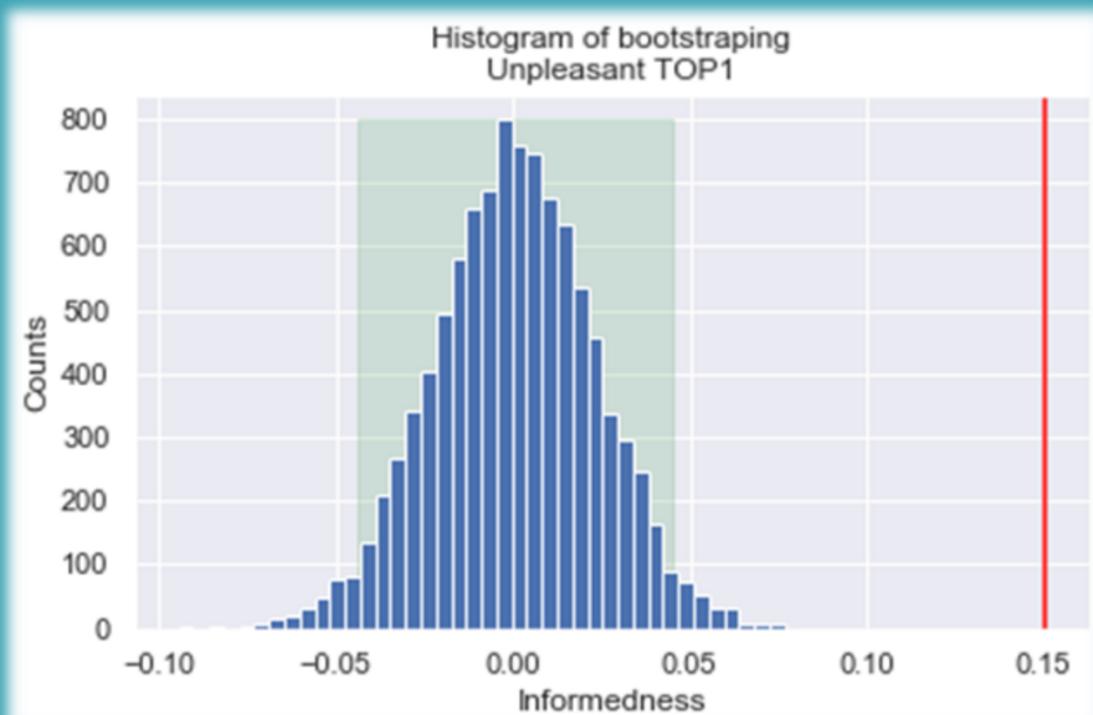
Cible	Rang	Motif	Informedness
Plaisant	TOP1	SC_Amplitude \in [0.0, 0.1428]	0.071
	TOP2	SC_Amplitude \in [0.0, 0.0388]	0.068
	TOP3	FPE [-0.6667, 0.0]	0.056
	TOP4	FPE [-1.3333, 0.6667] ARE [-1.0, 1.6667] STE [-0.1665, 0.01485] SC_Latency \in [0.0, 0.0742] SC_Rise_Time \in [0.0, 4.3555] SC_Amplitude \in [0.0, 0.6910] SC_NSSCRE \in [0.0, 3.0]	0.055
	TOP5	FPE [-1.6667, 0.6667] ARE [-1.3333, 0.0] STE [-0.1249, 0.1425] SC_Latency \in [0.0, 0.0] SC_Rise_Time \in [0.0, 0.0] SC_Amplitude \in [0.0, 0.0] SC_NSSCRE \in [-3.0, 2.0]	0.055



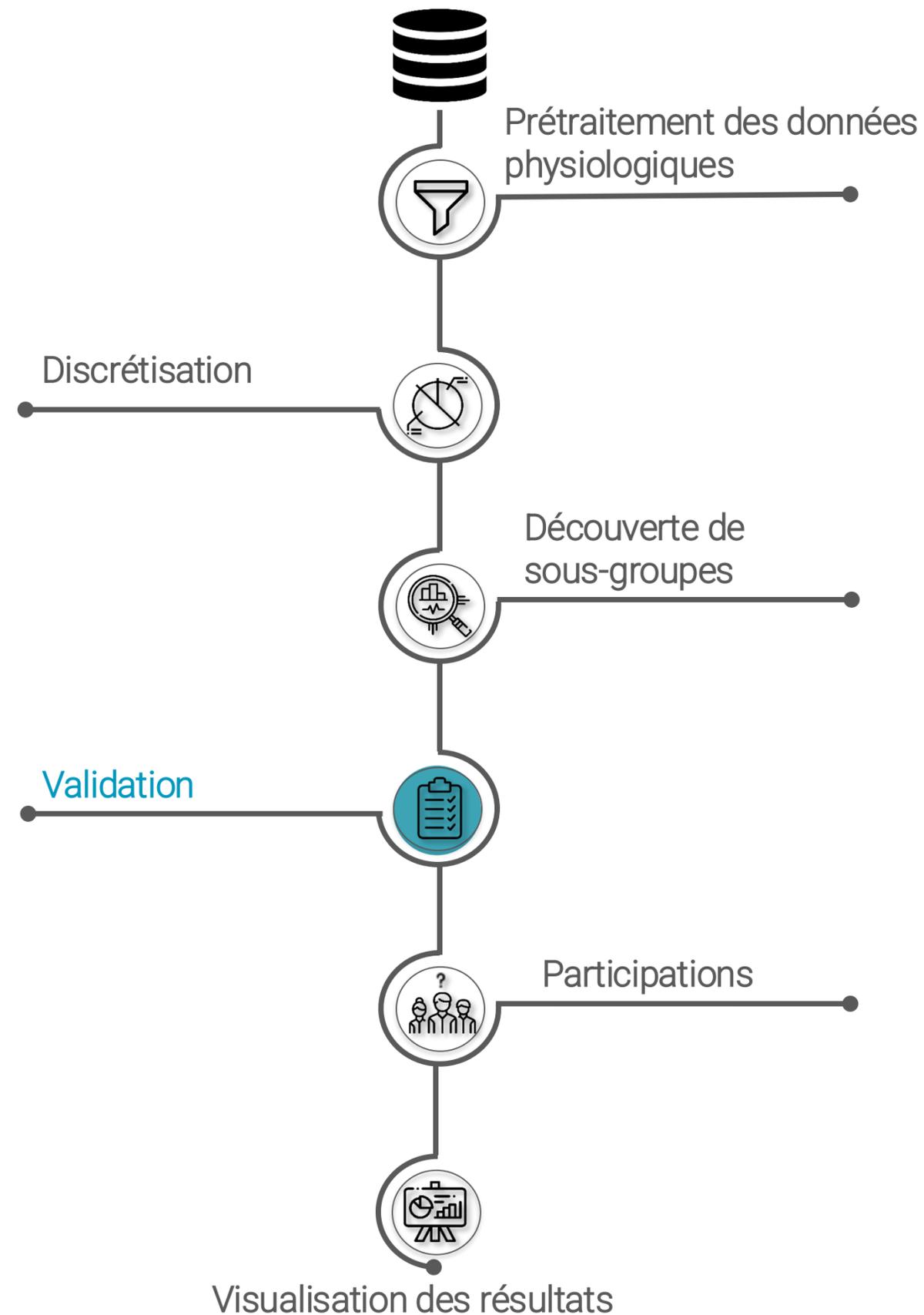
Validation

Bootstrap : tirage de 10.000 groupes aléatoires de même support que le motif à valider et calcul de leur informedness.

Si l'informedness du motif courant est hors de l'intervalle de confiance ($\alpha=0.05$) de cette distribution : le motif est validé.

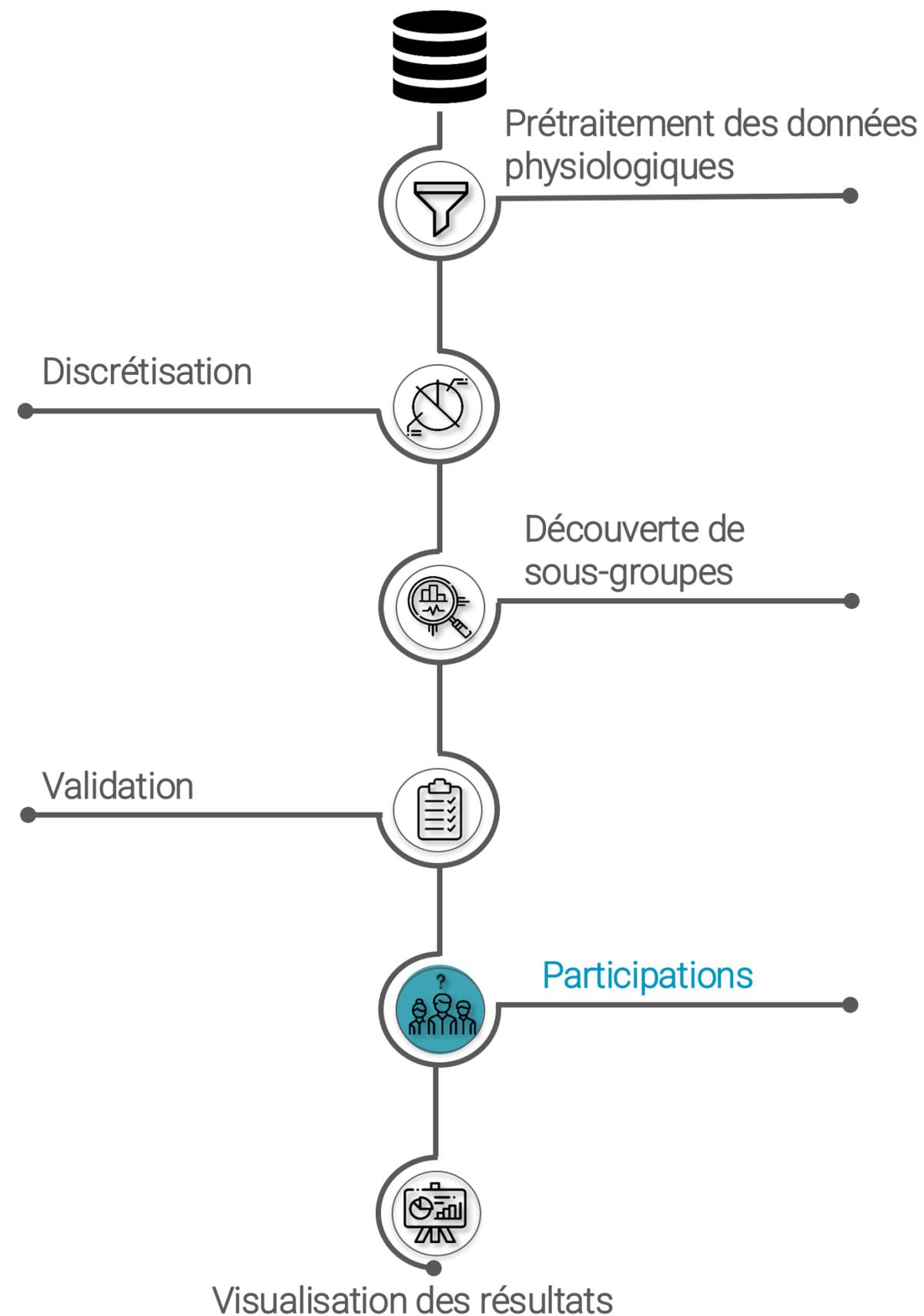
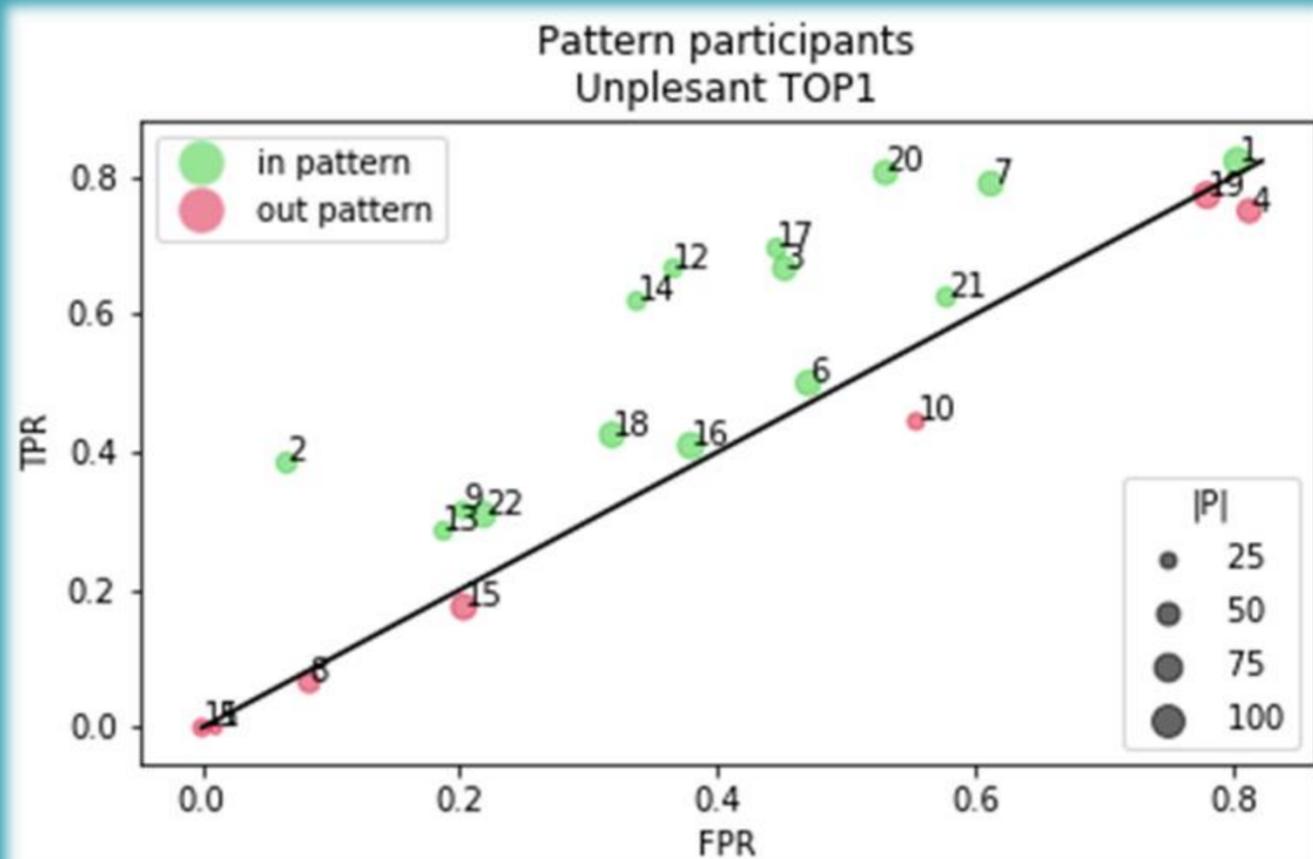


Efron et al., 1986



Quantification de la participation

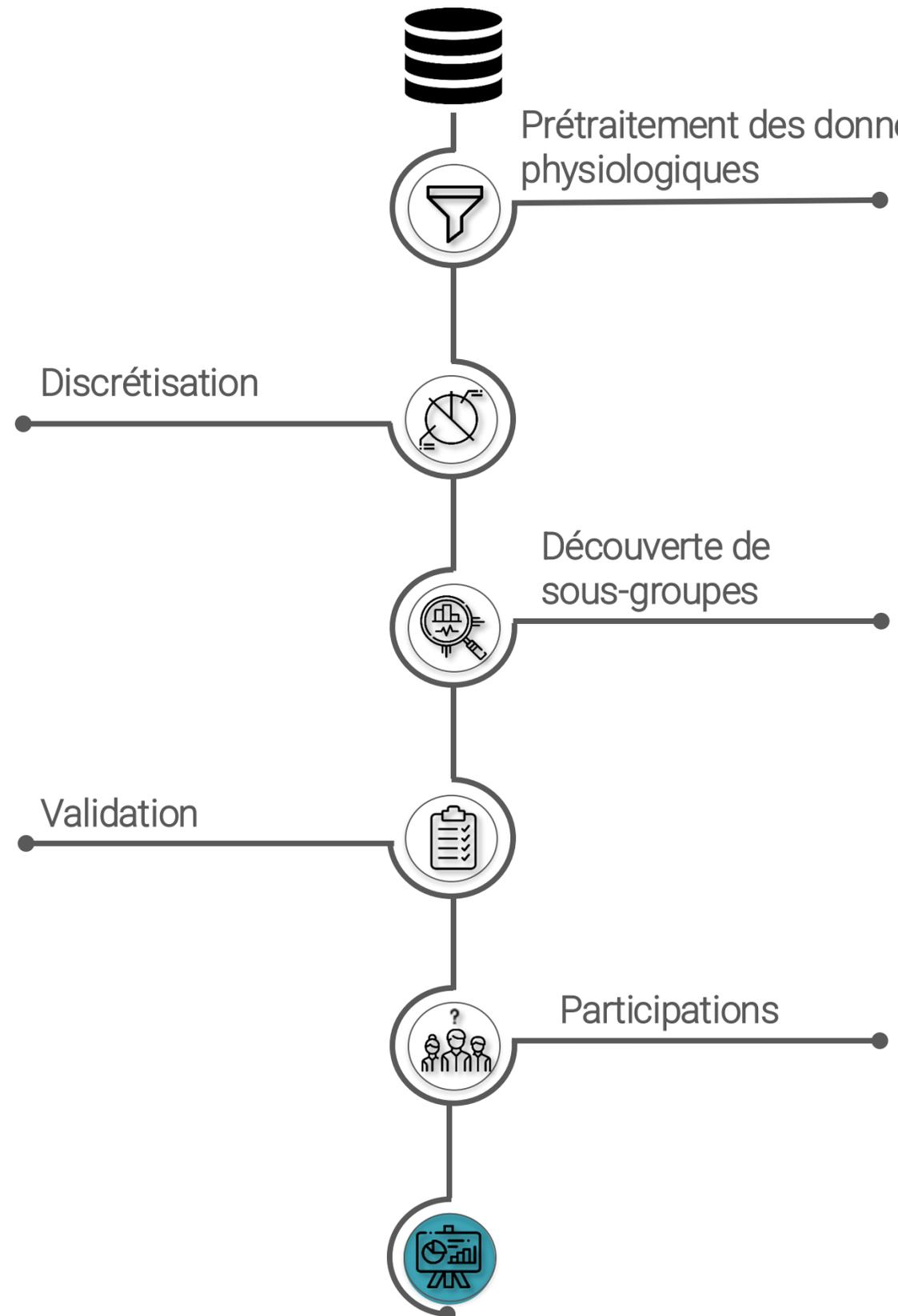
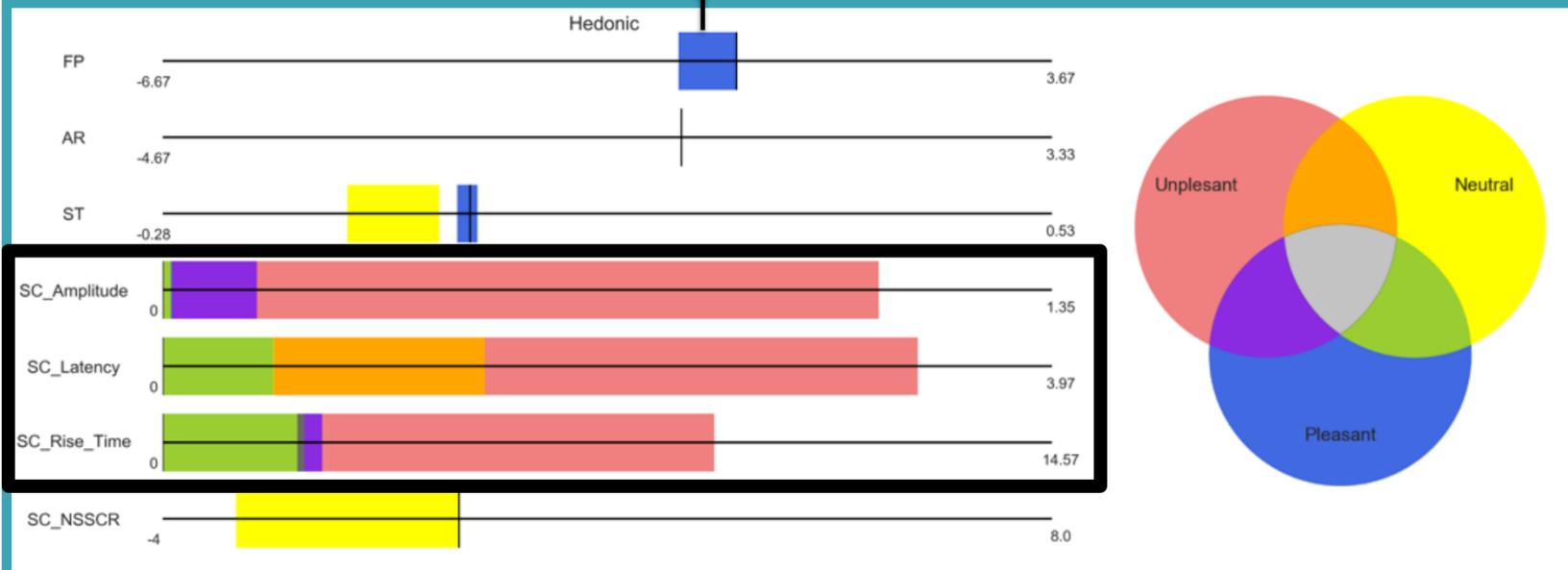
Rôle de chaque individu dans le motif observé.



Résultats

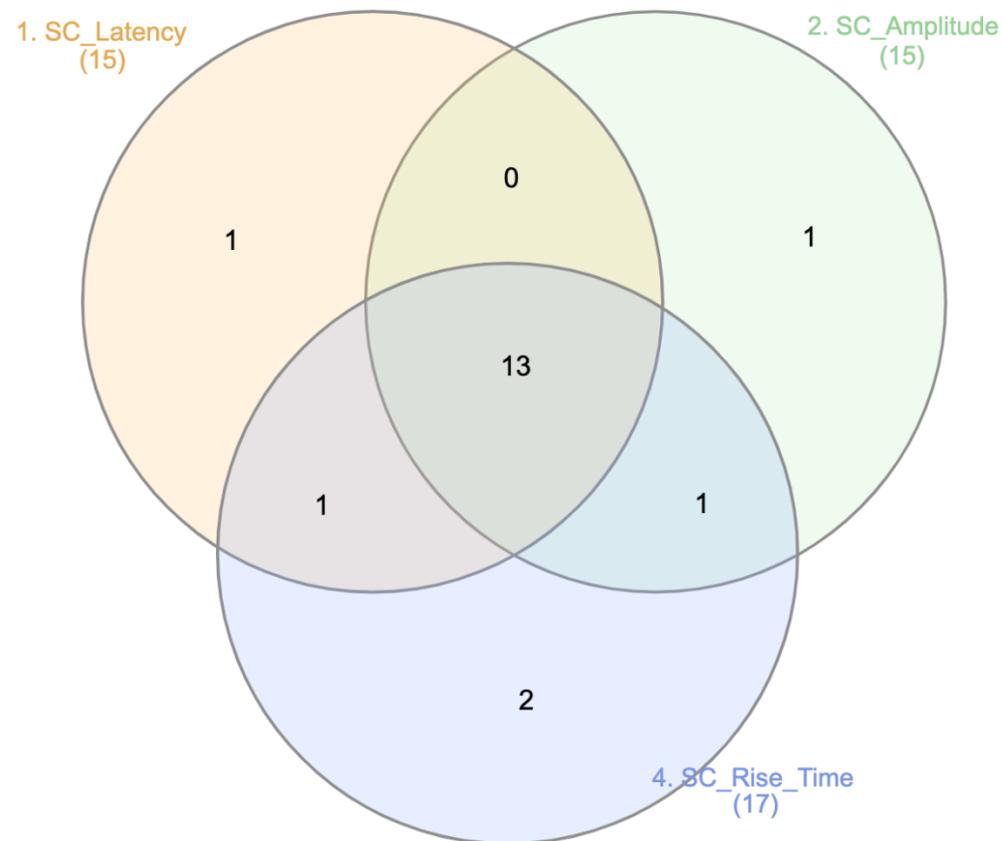
Règle : $FP \in [-0.67, 0.0]$

Observation : FP décroît si l'odeur est plaisante



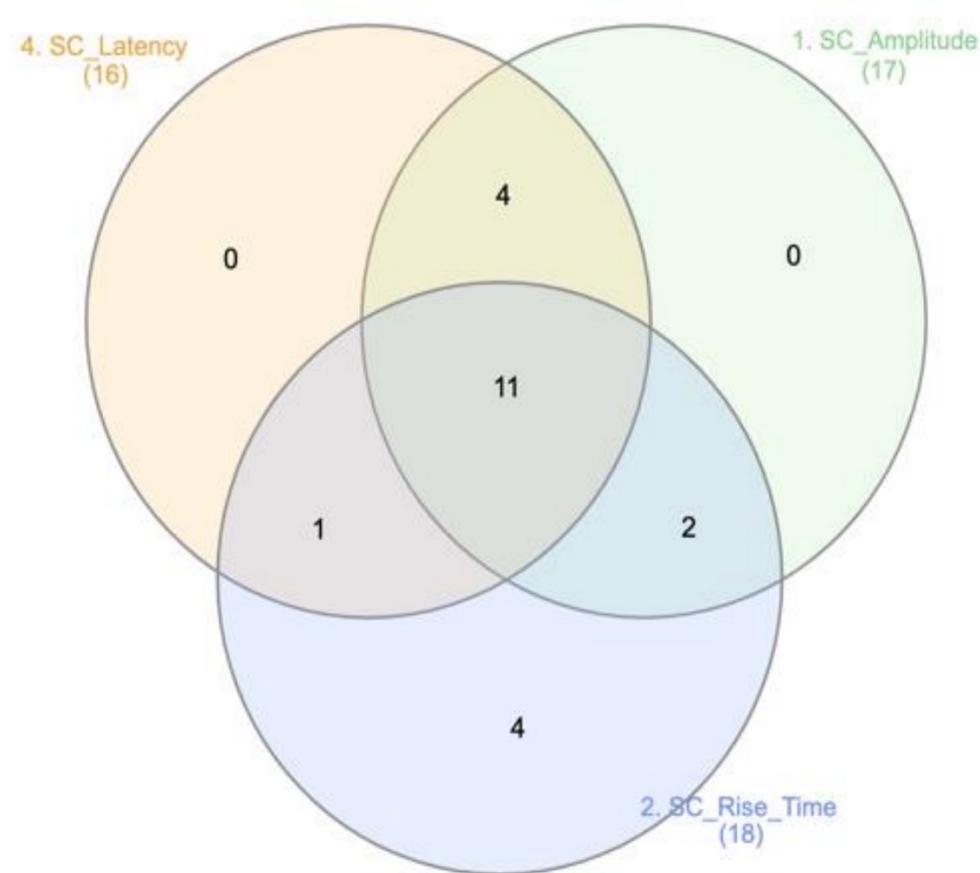
Comprendre le rôle des individus dans le motif

Déplaisant



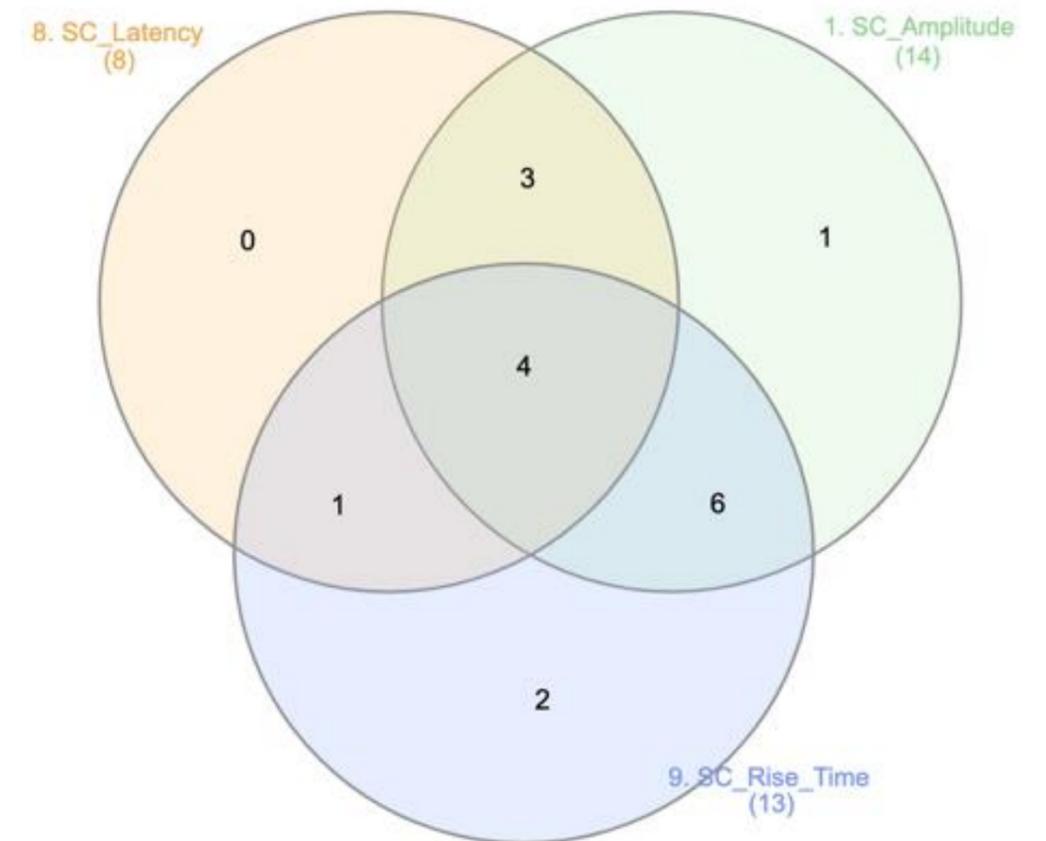
Homogène ++

Neutre



Homogène

Plaisant



Hétérogène

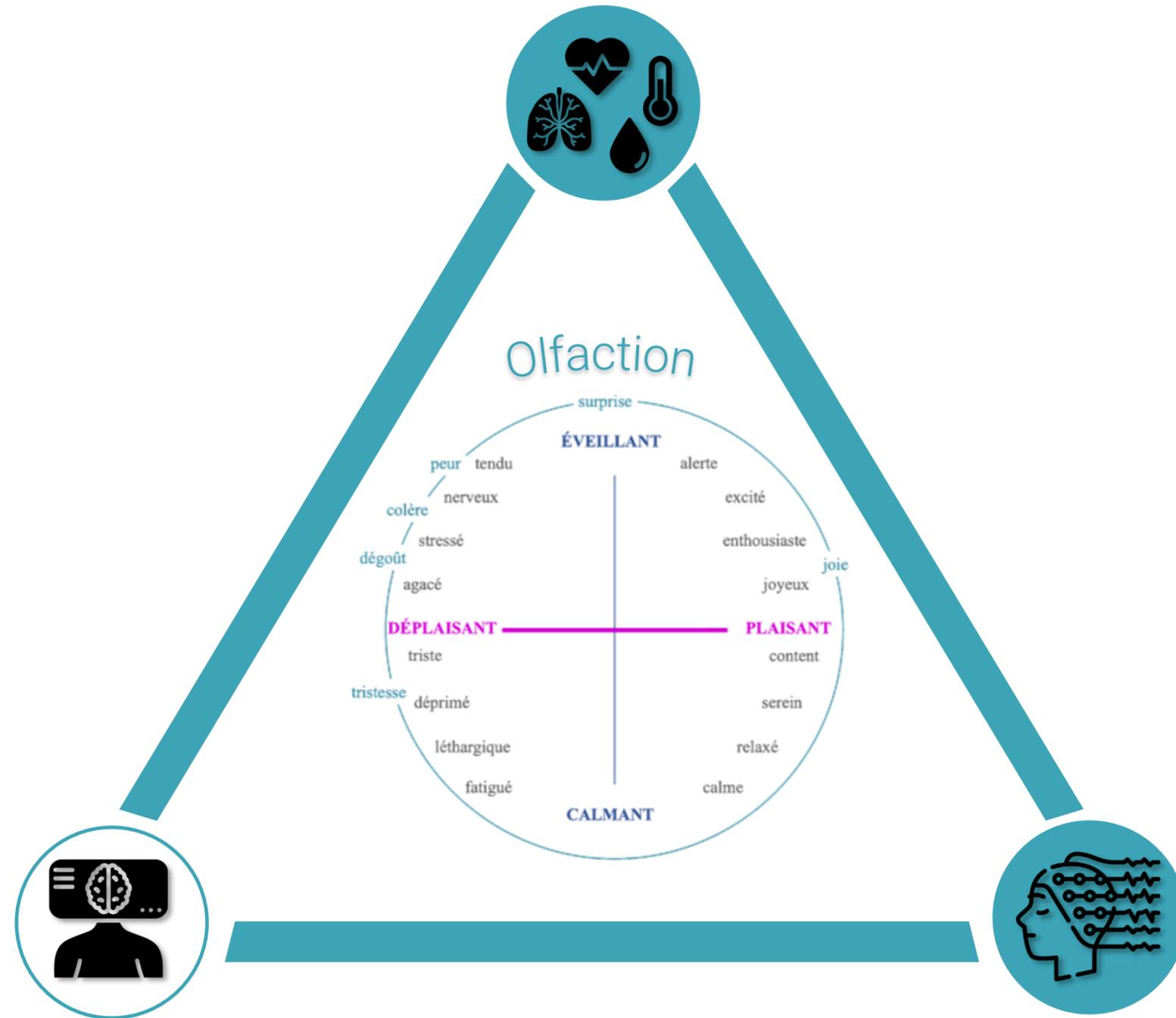
Conclusion

	Étude 1
Résultats en accord avec la littérature	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution du rythme cardiaque pour les odeurs plaisantes. - Réponse électrodermale plus longue et plus élevée en termes d'amplitude pour les odeurs déplaisantes que les odeurs plaisantes.
Résultats nouveaux	Plus grande variabilité individuelle pour les odeurs plaisantes que déplaisantes.

Brauchli , 1995 ; Alaoui-Ismaïli, 1997 ; Robin , 1998 ; Brand , 200 ; Masaoka, 2005; Kreibig, 2010 ; de Wijk, 2012 ; Glass , 2014 ; He 2014

Moranges, et al. (2022). IEEE Transactions on Affective Computing.
Moranges et al. (2023). Basic Protocols on Emotions, Senses, and Foods.

Étude 1 - psychophysiologie

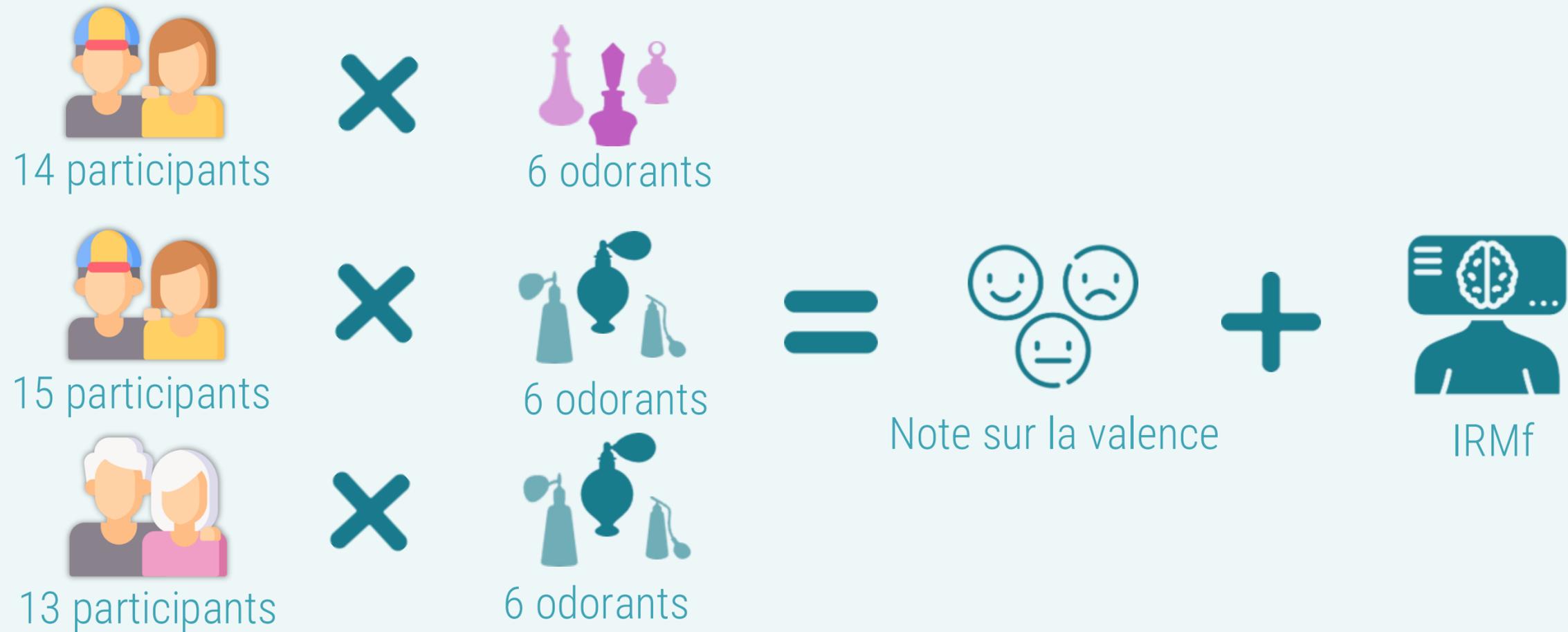


Étude 2 - IRMf

Étude 3 - EEG

Étude 2 : IRMf

Expérience :



Collecte de données par Fournel et al, 2016

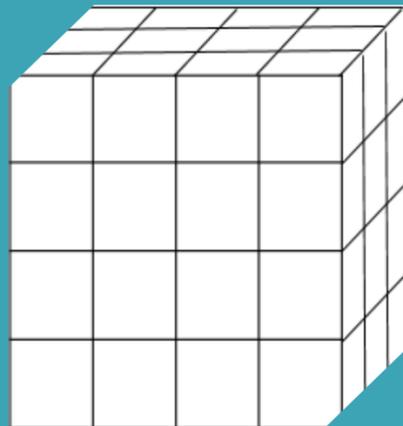
Objectif : identifier les patterns d'activation cérébrale au sein du cortex piriforme et de l'amygdale lors de la perception d'odeurs plaisantes et déplaisantes.

Prétraitements

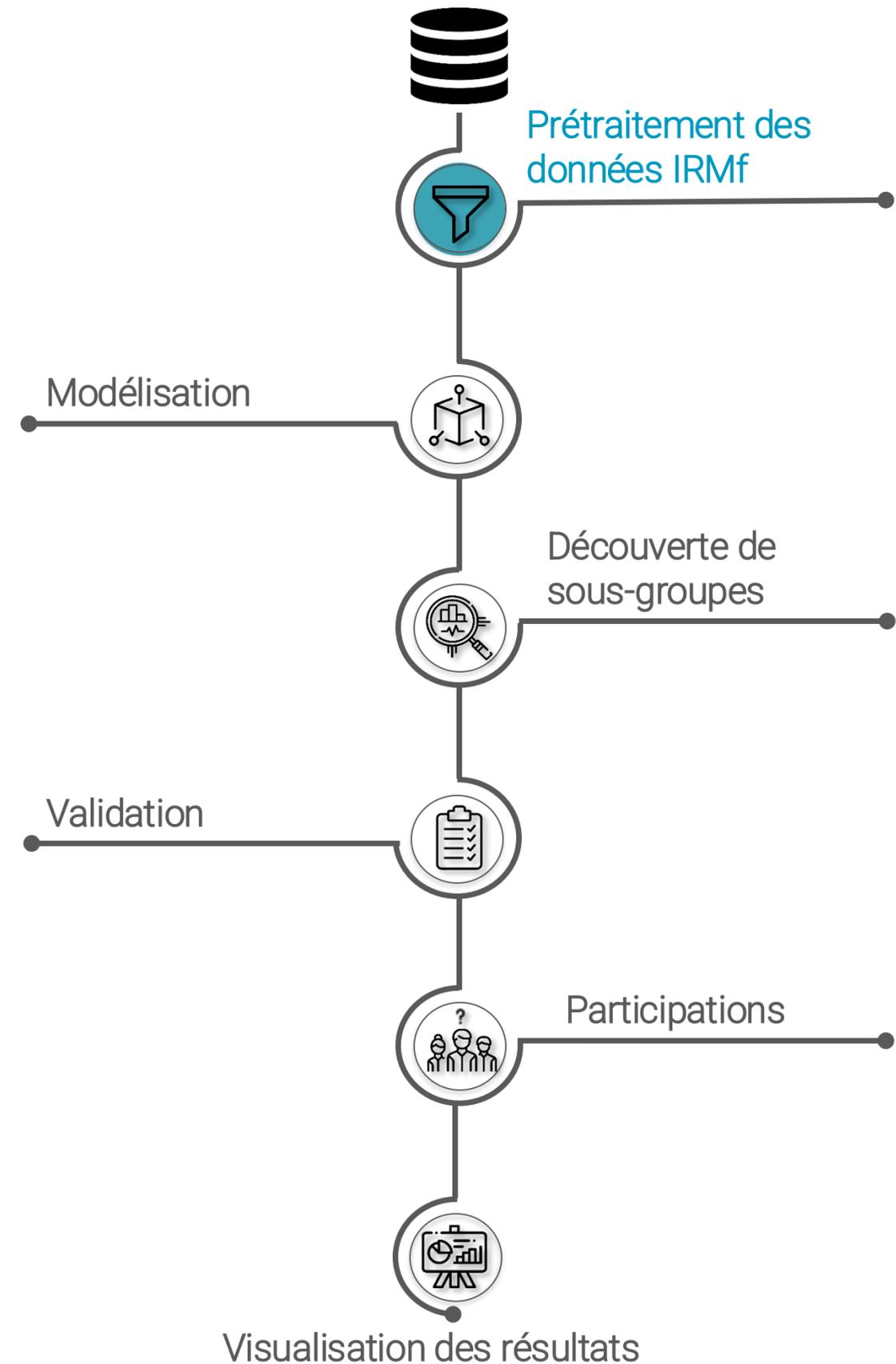
Analyse classique de premier niveau avec SPM :

- Réalignement des voxels
- Transformation des angles en distance
- Correction des acquisitions temporelles
- Coregistration
- Segmentation de la T1 et déformation

À l'issue de ce prétraitement, on dispose donc d'un signal IRMf pour chaque couple sujet-odeur.



Behzadi et al., 2007

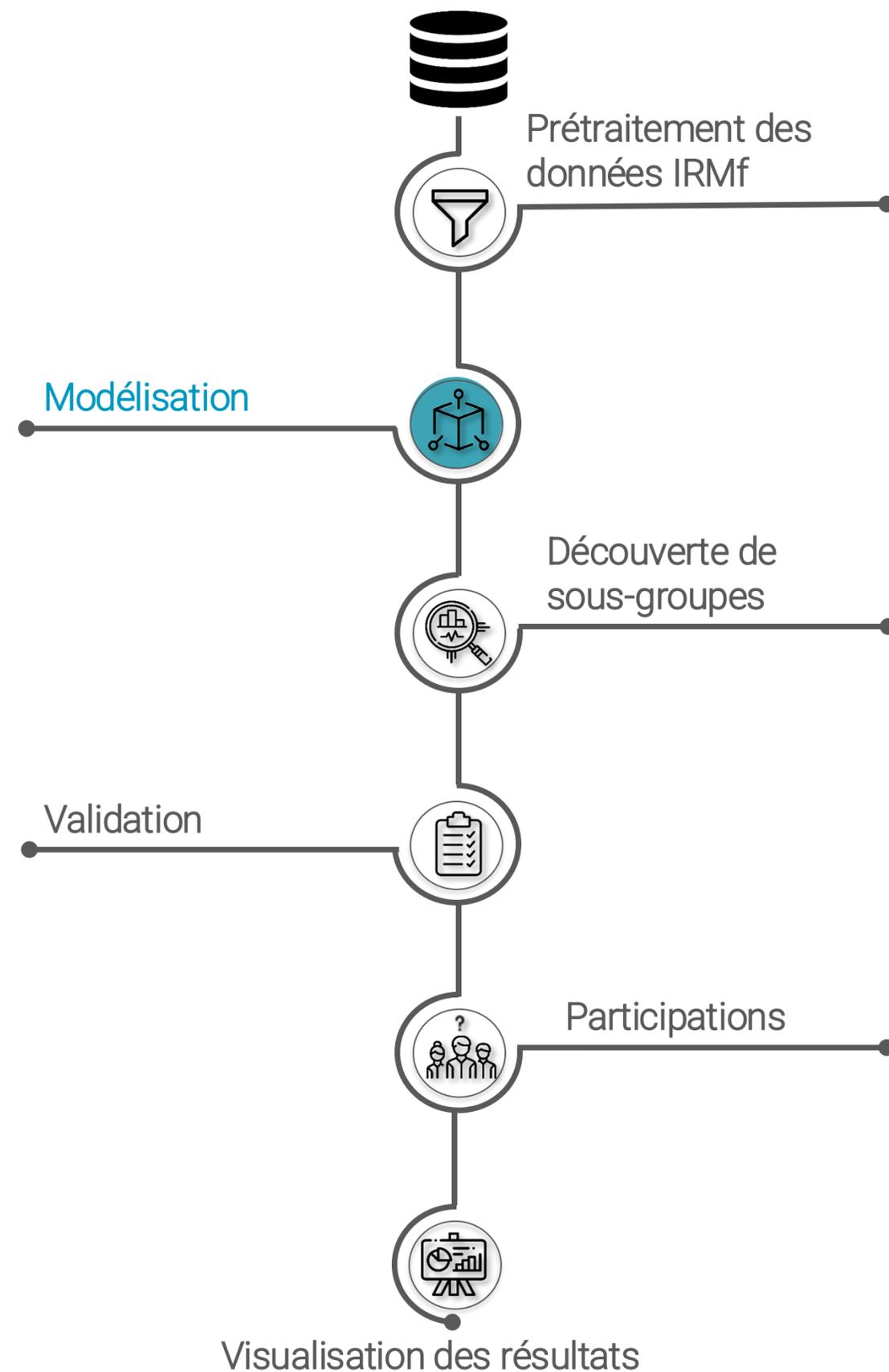


Modélisation sous forme de graphe attribué



- un sommet V correspond à un voxel
- une arête E encode la relation d'adjacence
- un attribut de sommet A prend la valeur x
- l'ensemble des paires de valeurs d'attribut P est associé à chaque sommet et décrit l'activité du voxel correspondant

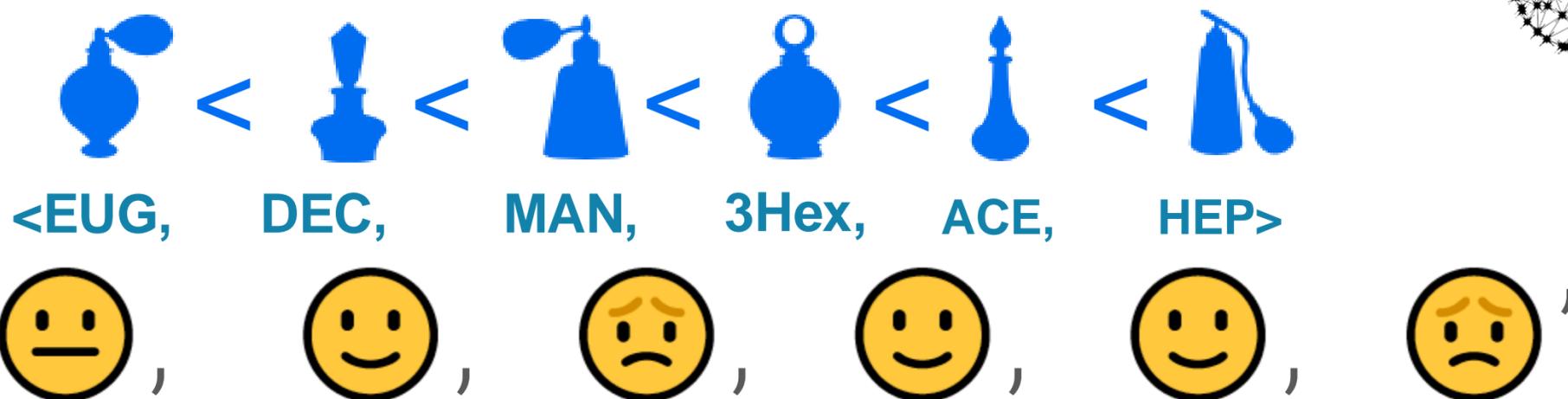
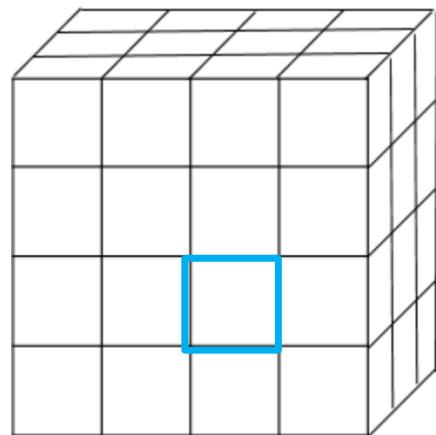
$$P : V \rightarrow \{(a, x) \mid a \in A, x \in \mathbb{R}\}$$



Propositions

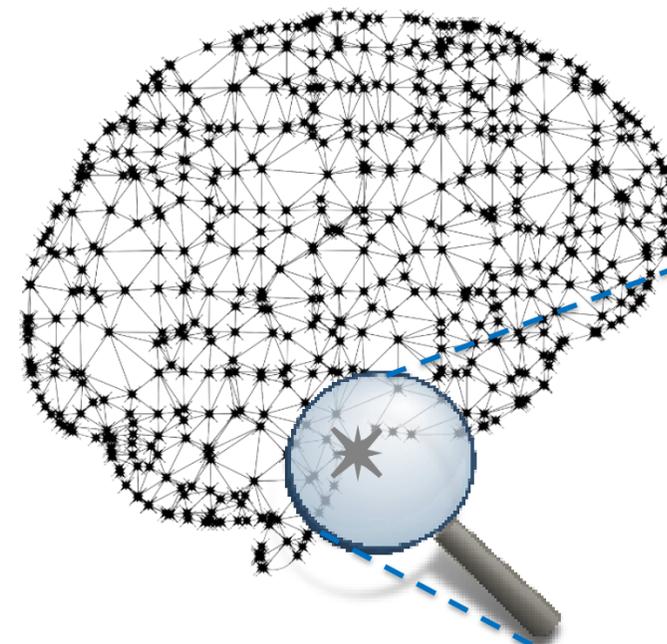
Etudier l'ordre hémodynamique des différentes conditions

Pour chaque voxel de chaque individu



Description des sommets

Exemple : s1 : '☹️, 😊, ☹️, 😊, 😊, ☹️'
 s2 : '😊, 😊, ☹️, 😊, 😊, ☹️'



Somme de |paires i<j| / |paires (i,j) possibles| par individu

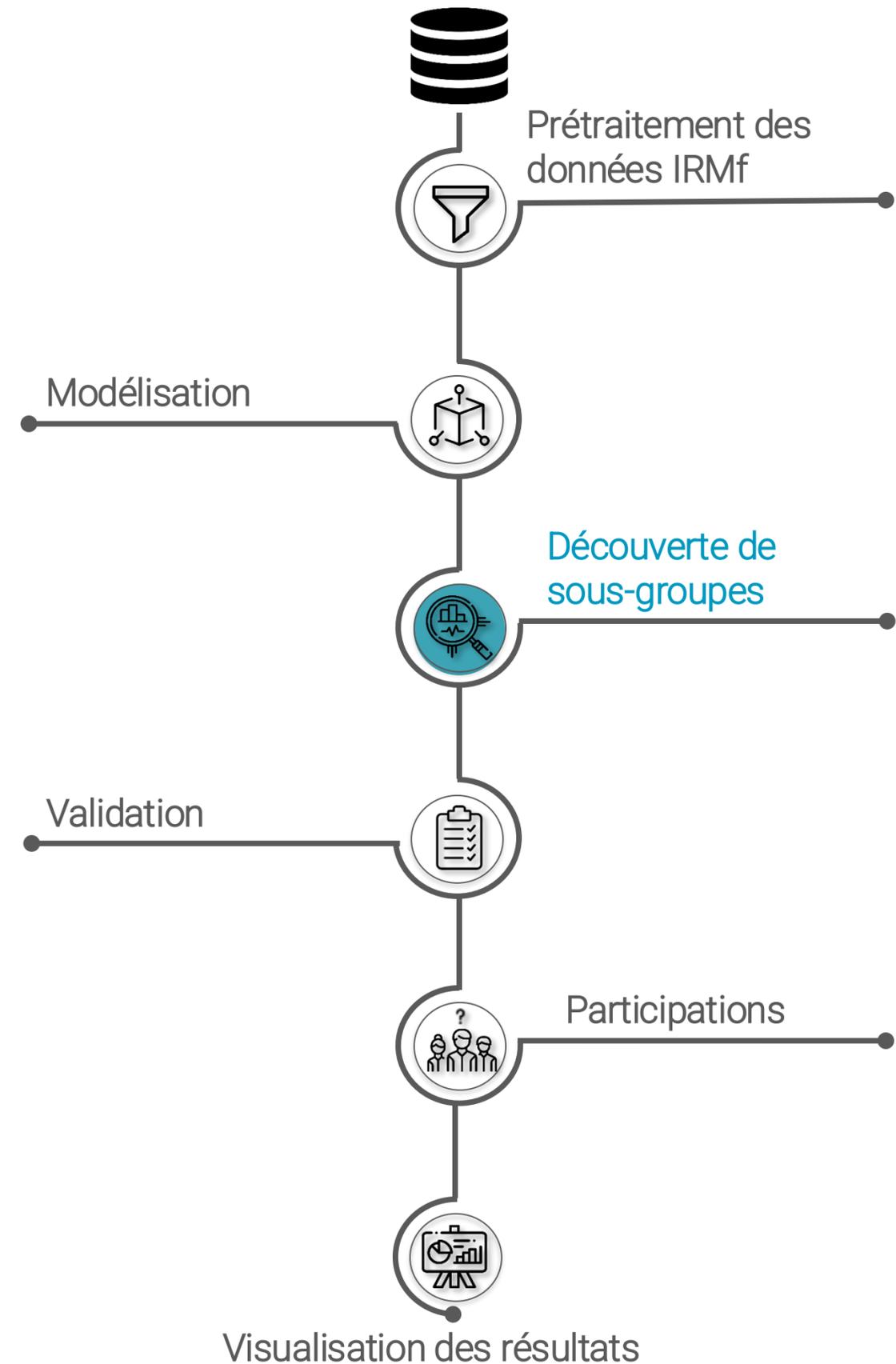
V(25, 78, 45)	
☹️ < 😊	3/3+0/4=1
😊 < ☹️	0/3+4/4=1
☹️ < ☹️	2/2+2/4=1,5
☹️ < 😊	0/2+4/4=0,5
😊 < ☹️	4/6+4/4=1,66
☹️ < 😊	2/6+0/4=0,33

Découverte de sous-groupes

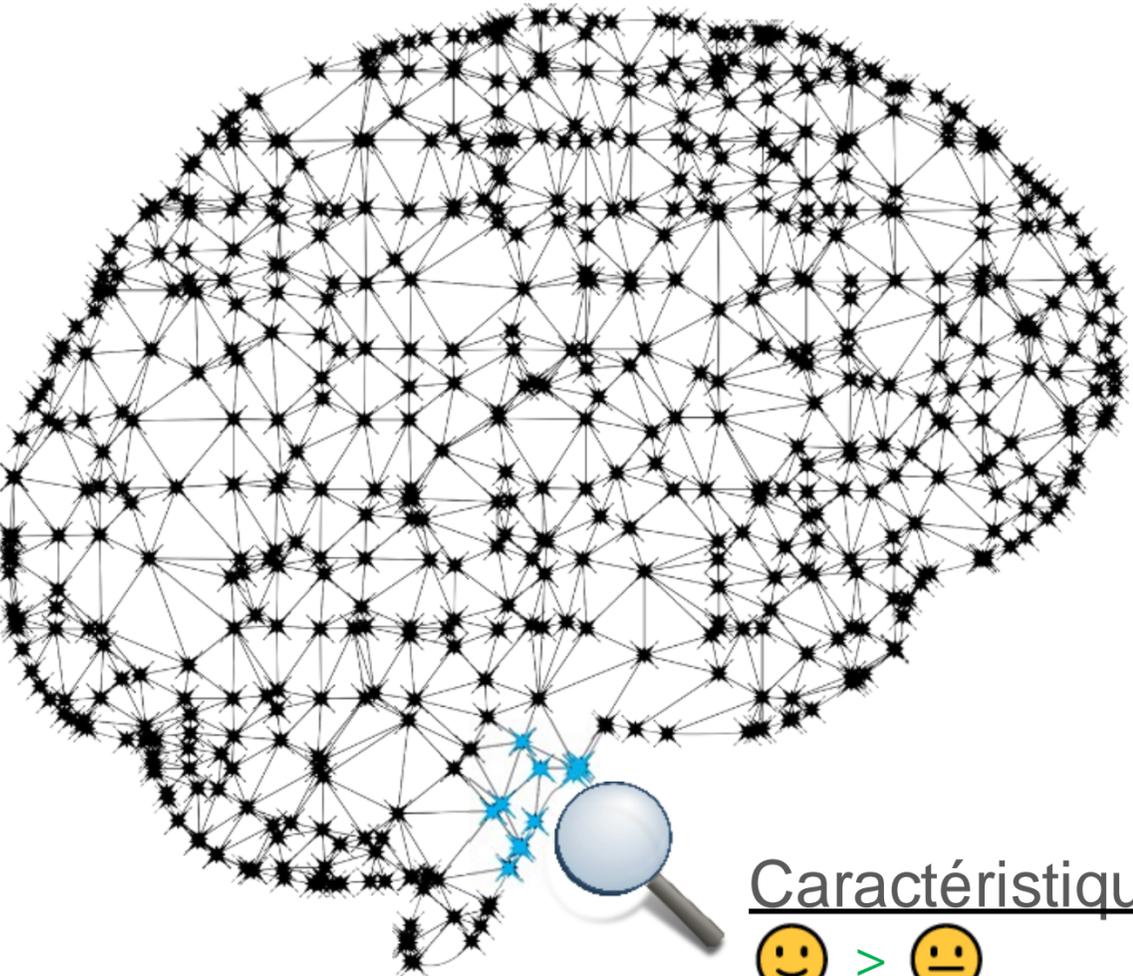
Recherche de sous-graphes attribués exceptionnels

Algorithme utilisé : C-energetics qui cherche des ensembles de voxels connectés associés à des paires dont la valeur est exceptionnellement élevée par rapport au reste du graphe.

Mesure de qualité : la WRAcc

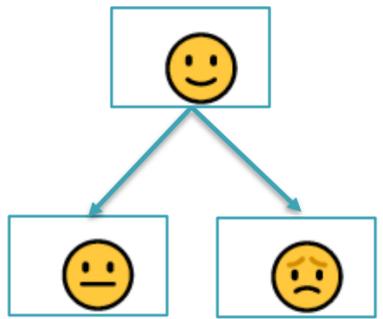


Extraction de sous-graphes exceptionnels



Caractéristiques :

😊 > 😐
 😊 > 😞



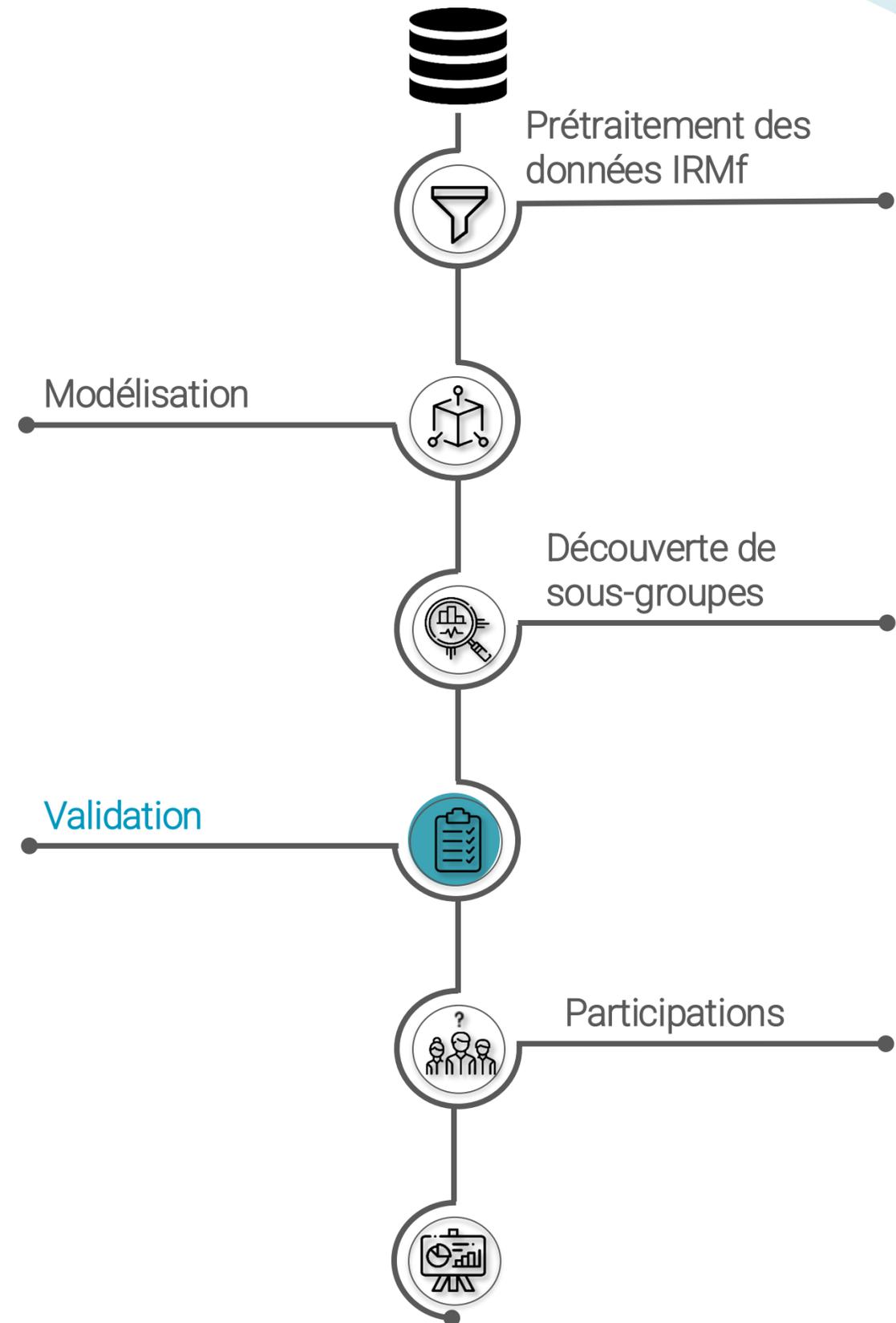
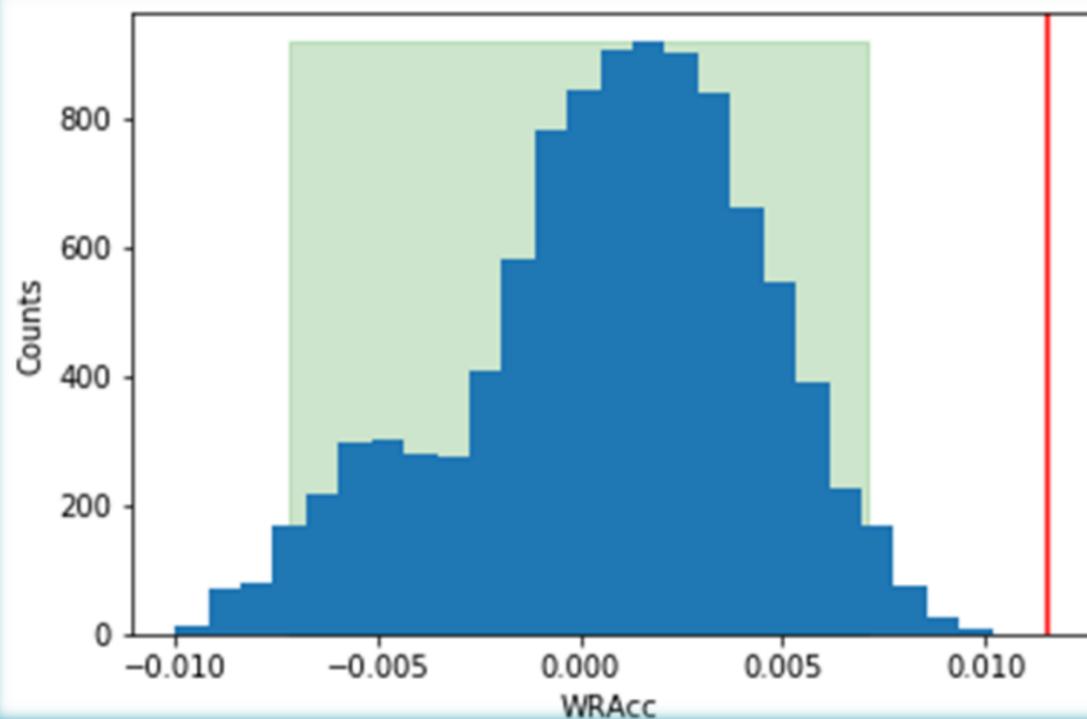
Filtrage des motifs :

- I. Motifs plaisants : 😊 > 😞, 😐
- II. Motifs déplaisants: 😞 > 😊, 😐

Validation

Bootstrap : tirage de 10.000 sous-graphes connexes aléatoires de même taille que le motif à valider et calcul de leur WRAcc.

Si la WRAcc du motif courant est hors de l'intervalle de confiance ($\alpha=0.05$) de cette distribution : le motif est validé.



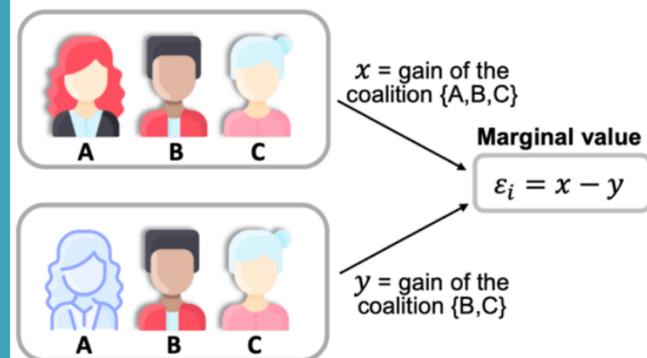
Visualisation des résultats

Participation

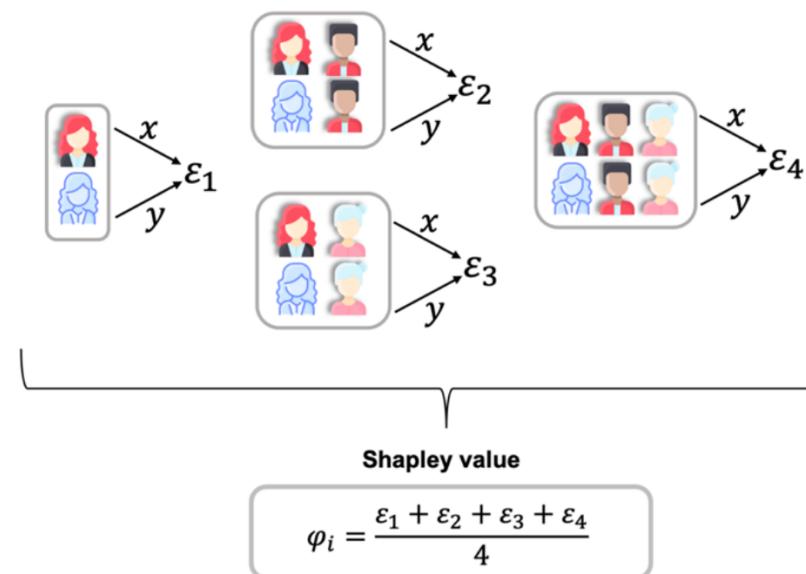
Calcul du nombre d'individus participant au motif et quantification de leur participation

Valeur de Shapley

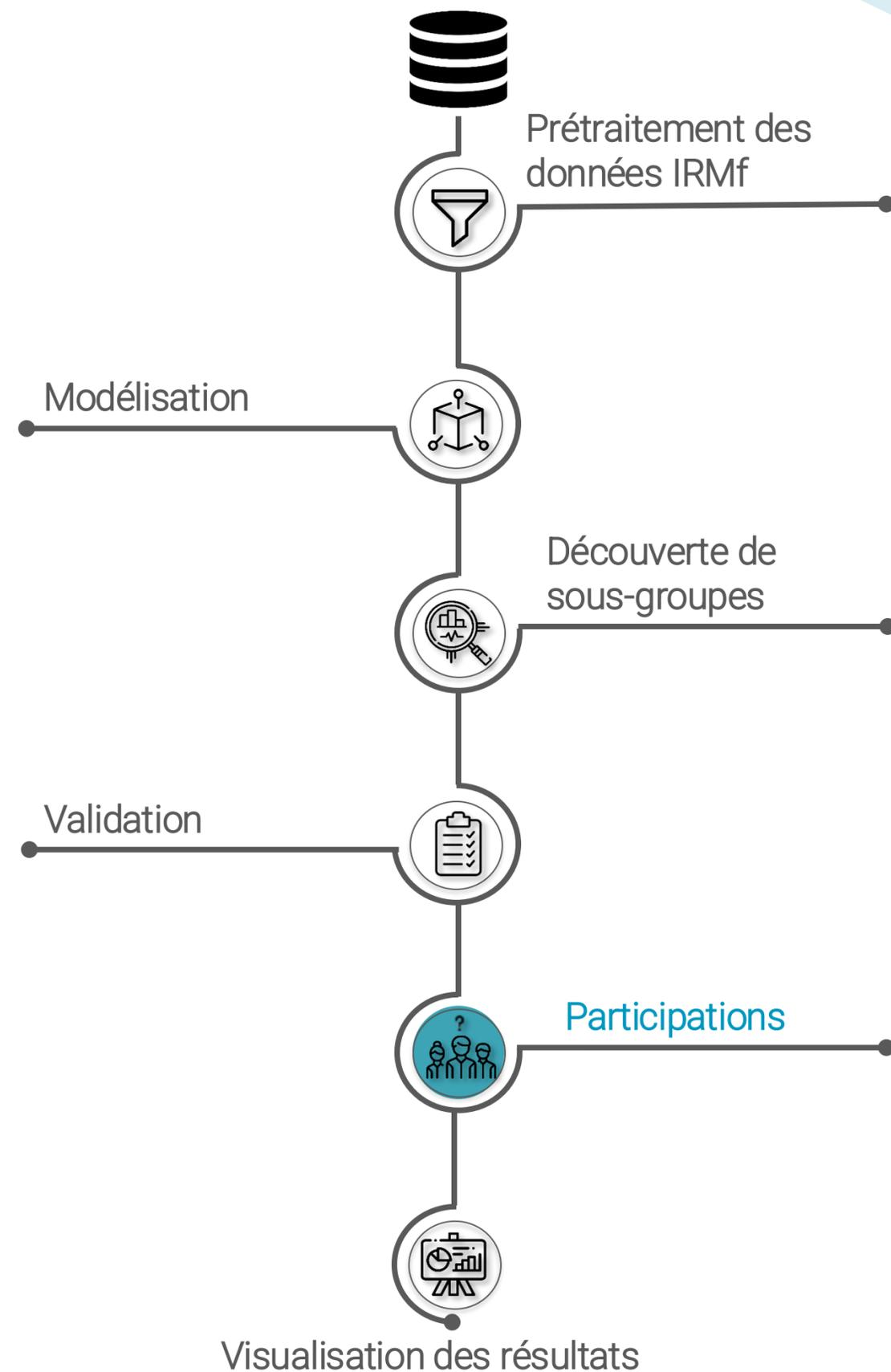
Calculation of marginal value of the individual A into the coalition {A,B,C}:



Calculation of shapley value for the individual A:

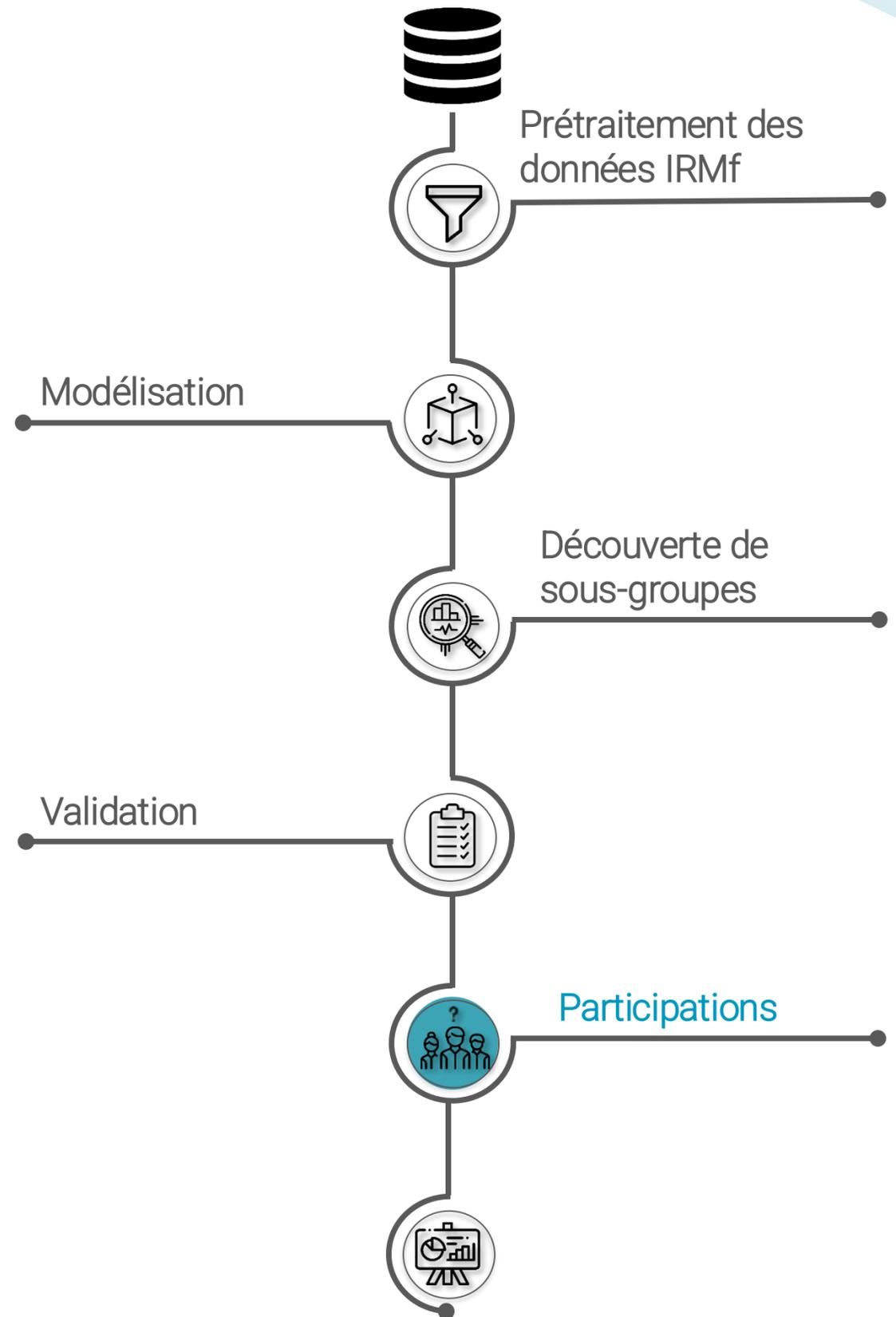
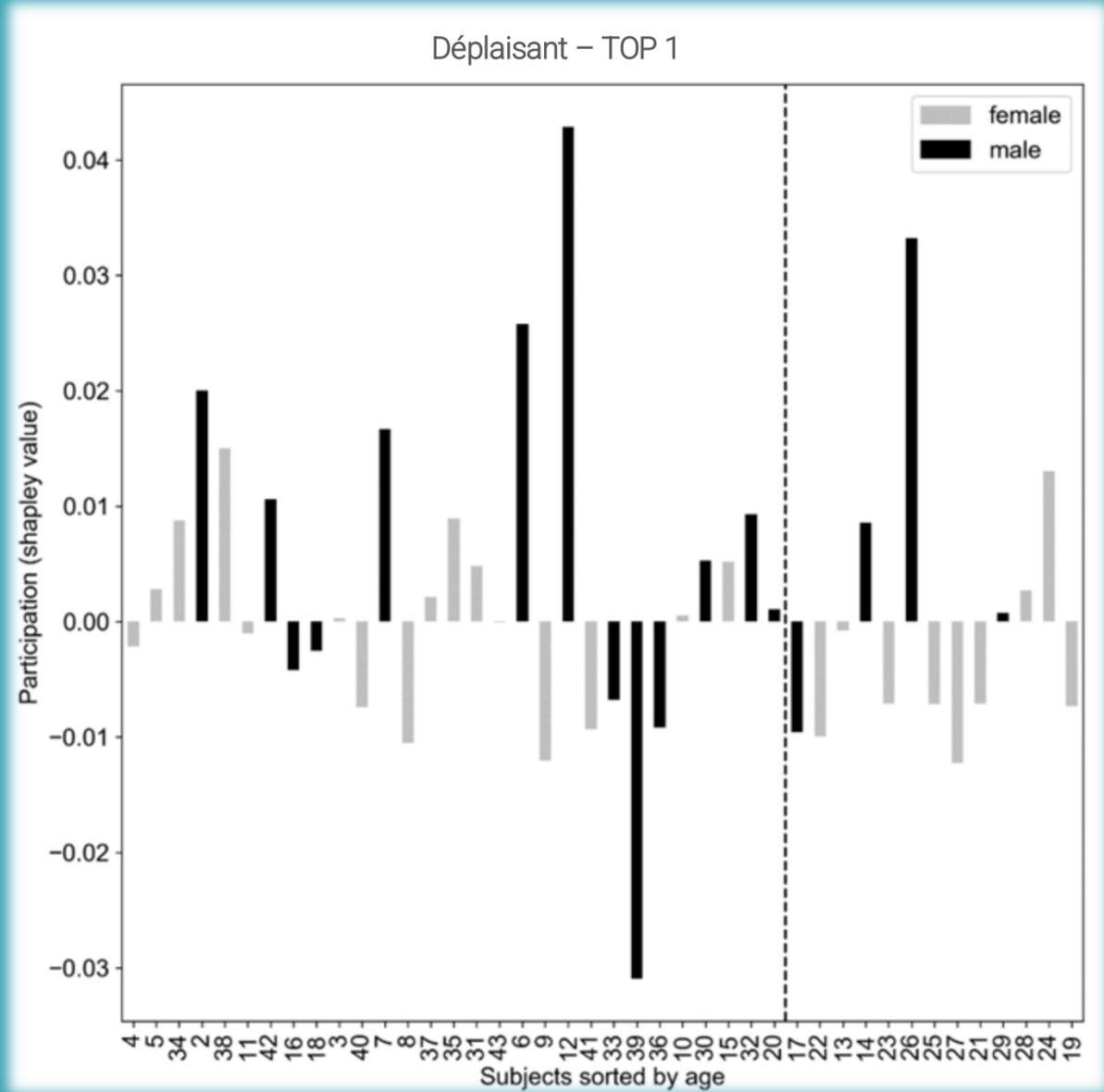


Shapley, 1988

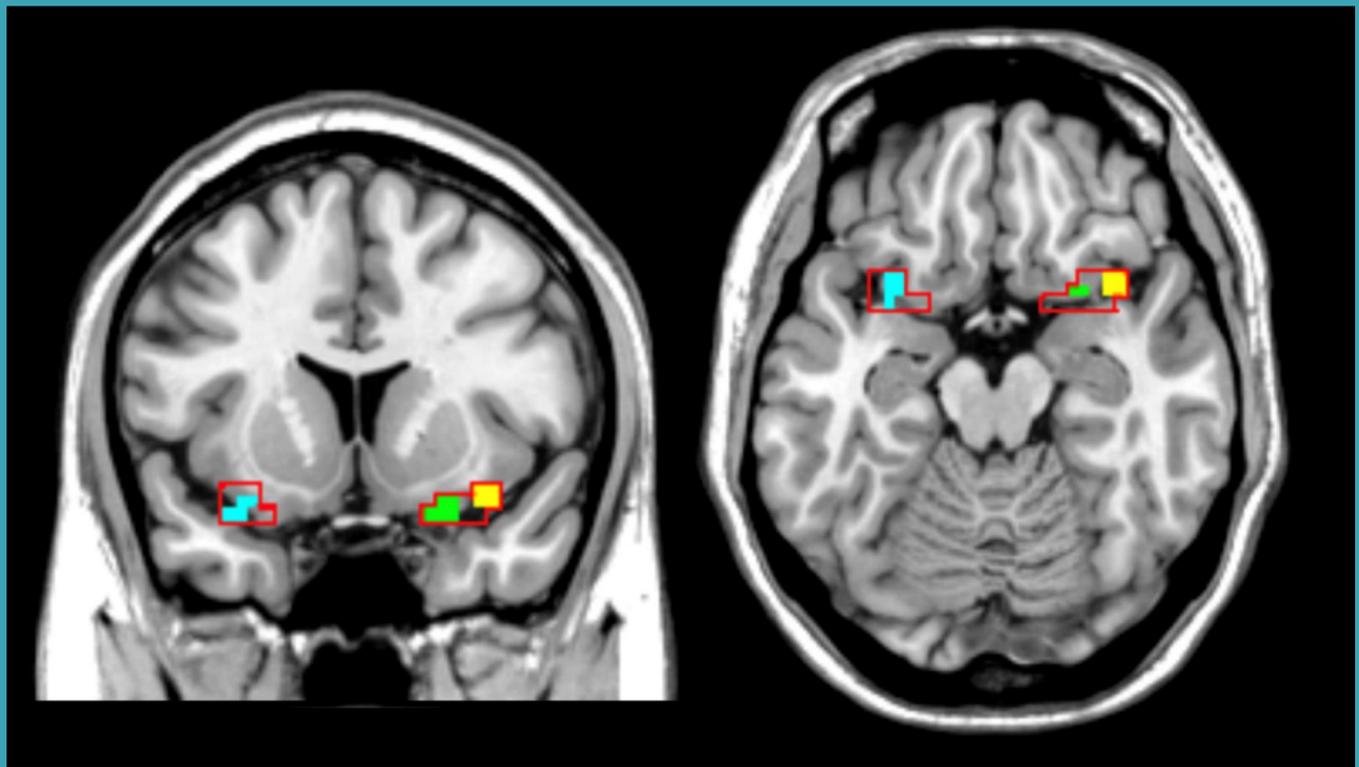


Participation

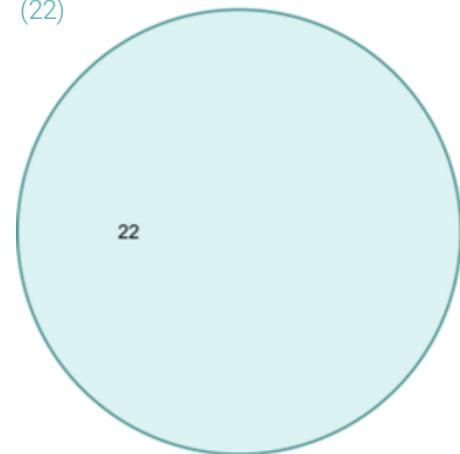
Calcul du nombre d'individus participant au motif et quantification de leur participation



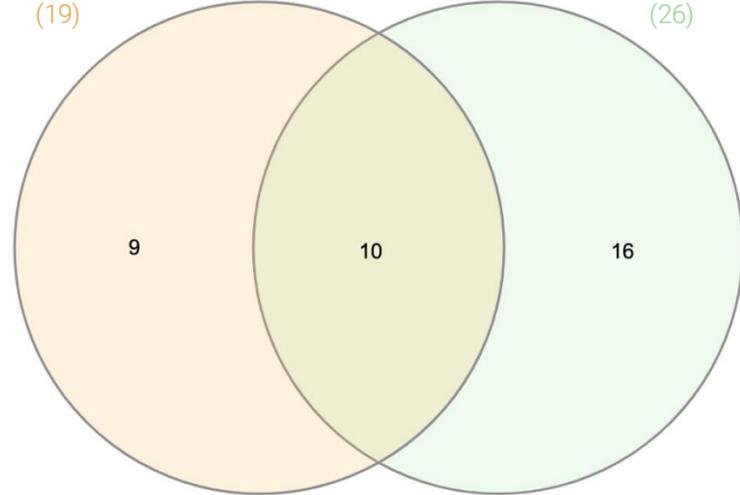
Résultats: Cortex Piriforme Antérieur



Top 1 – Déplaisant (22)

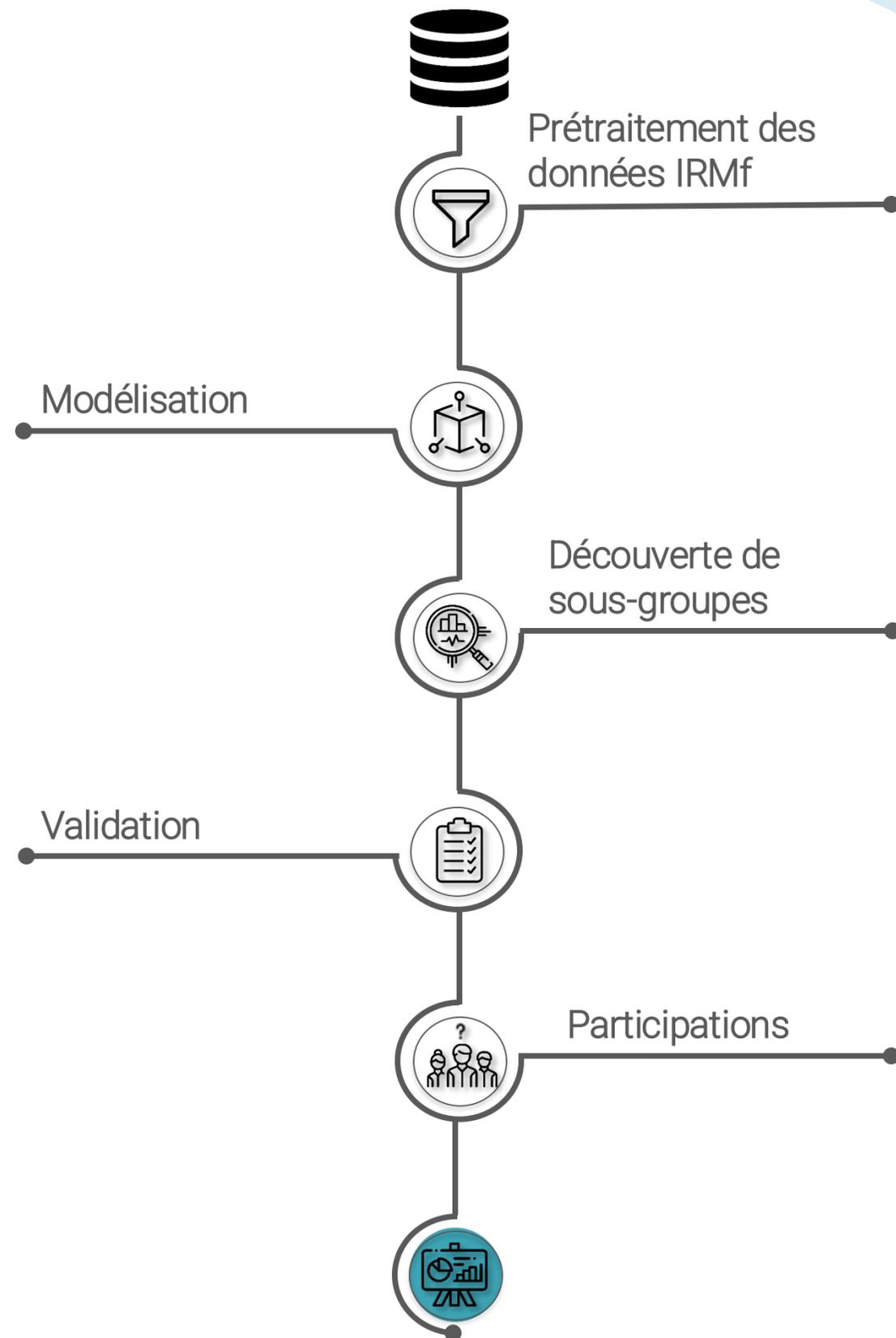


Top 1 – Plaisant (19)



Top 2 – Plaisant (26)

Gottfried et al., 2003 ; Bensafi et al., 2007

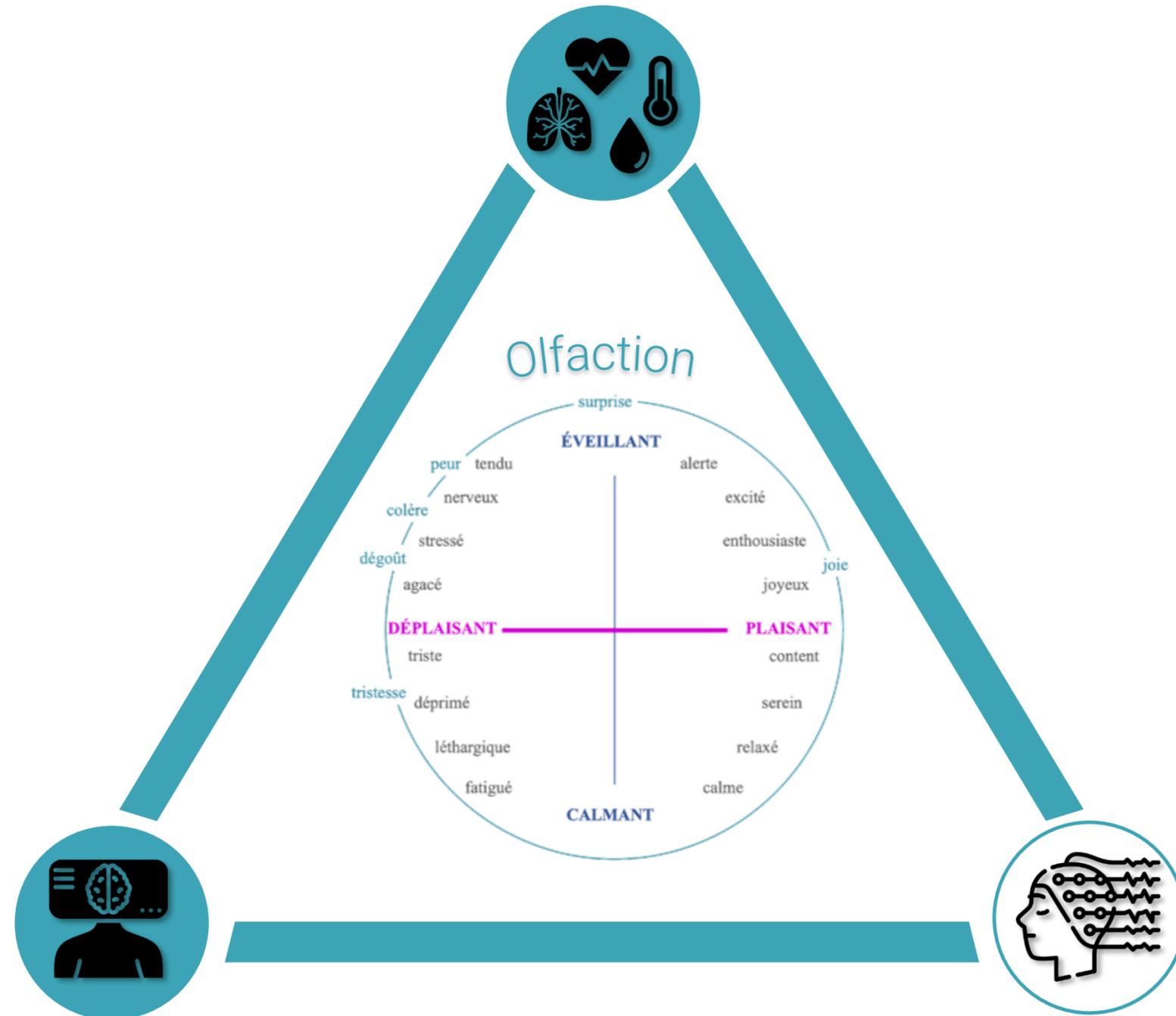


Visualisation des résultats

Conclusion

	Étude 2
Résultats en accord avec la littérature	Latéralisation à gauche des odeurs déplaisantes dans le cortex piriforme antérieur.
Résultats nouveaux	Plus grande variabilité individuelle pour les odeurs plaisantes que déplaisantes.

Étude 1 - psychophysiologie



Étude 2 - IRMf

Étude 3 - EEG

Étude 3 : EEG

Expérience :



24 participants



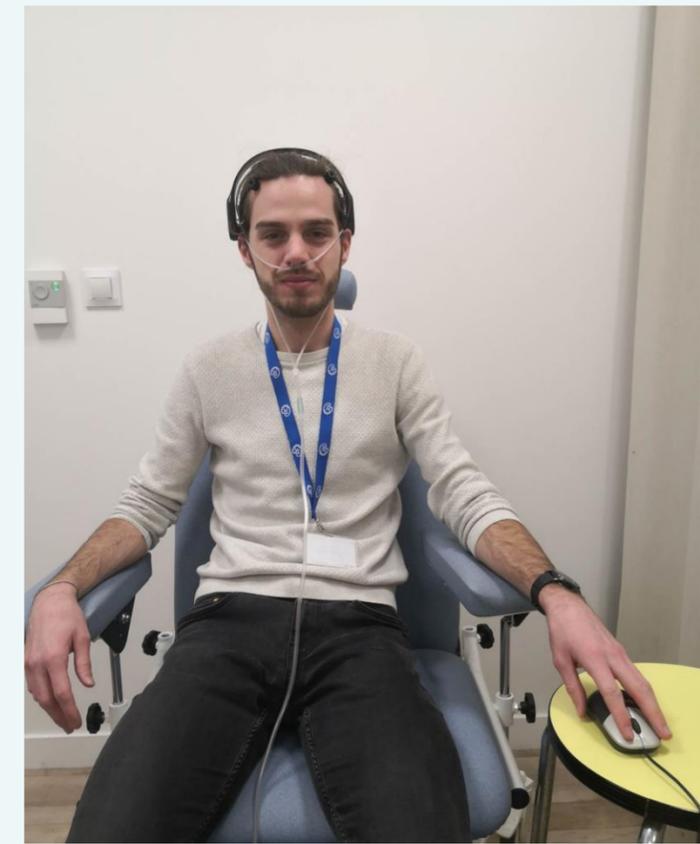
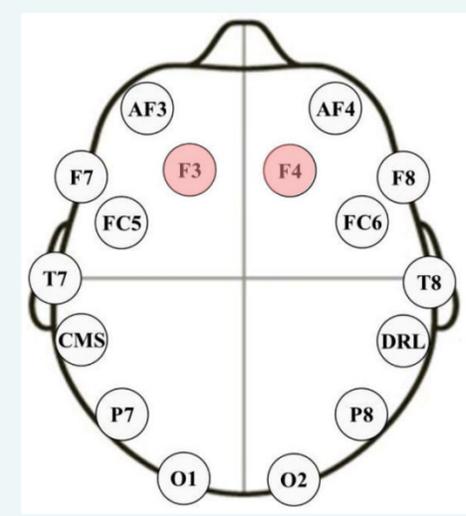
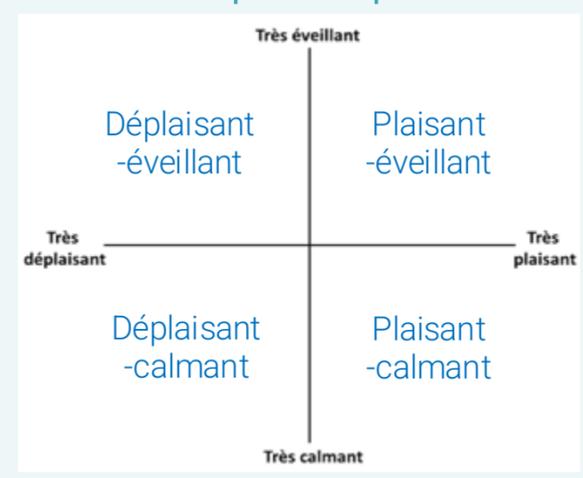
6 odorants



2 notes perceptives



Casque EMOTIV EPOC X



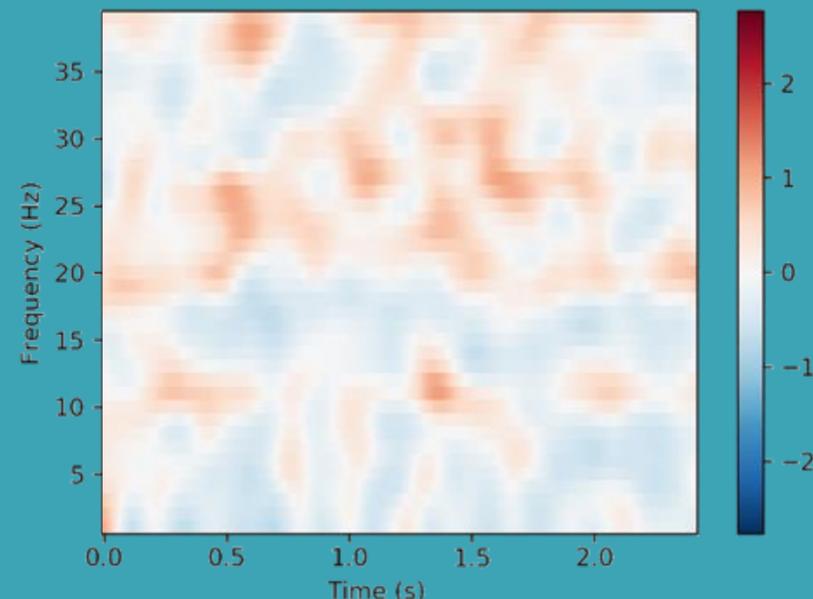
Objectif : décrire la valence et l'éveil émotionnel perçus à partir des enregistrements des électrodes frontales F3 et F4

Prétraitements

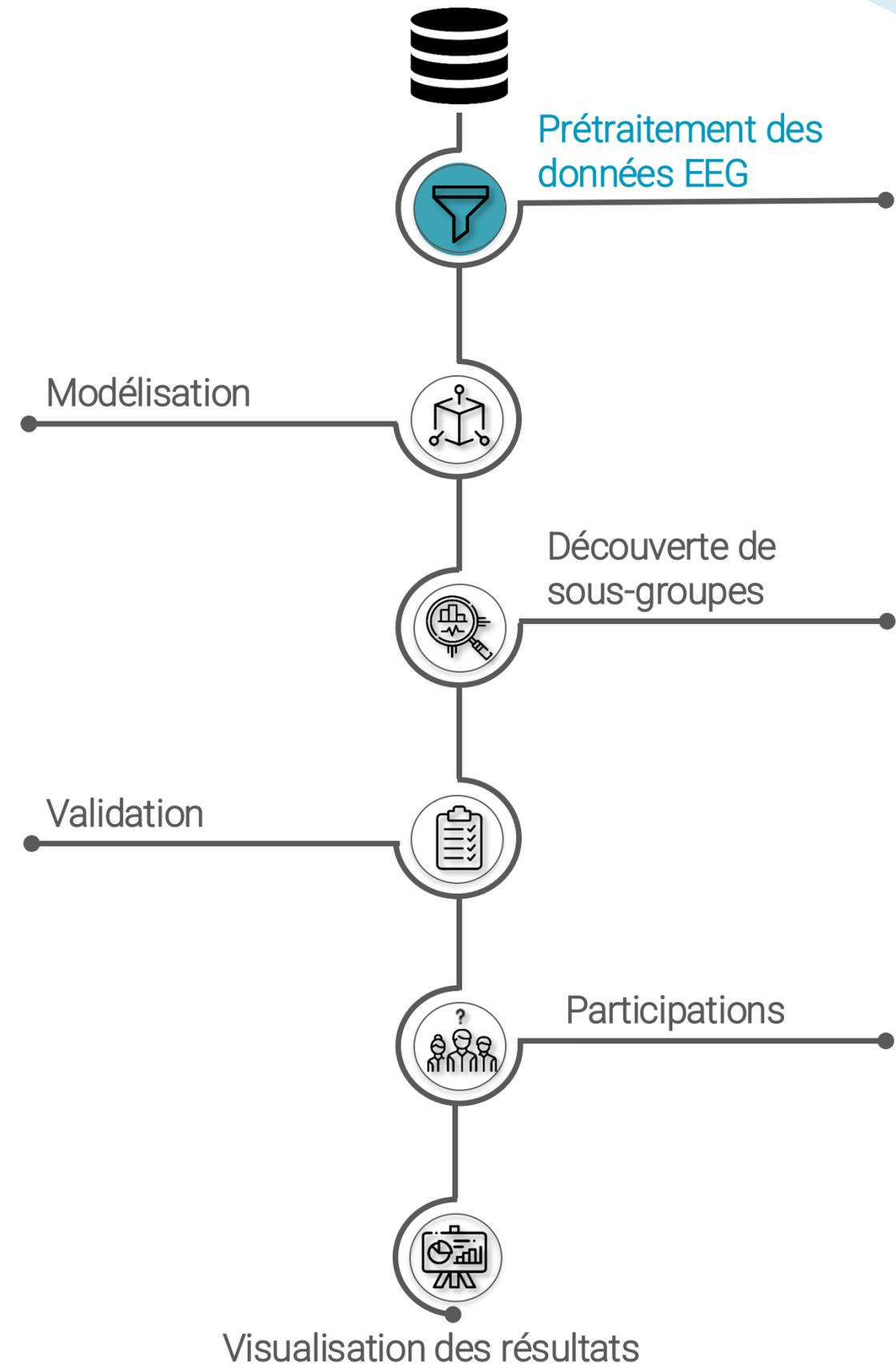
Prétraitement avec MNE :

- Filtre passe-bande : 1 à 40 Hz
- Segmentation en epochs
- Tri : suppression des mauvais signaux
- Correction des clignements de yeux
- Soustraction de la baseline du signal
- Moyenne d'une même odeur pour un même individu

À l'issue de ce prétraitement, on dispose donc d'un signal EEG temps-fréquence pour chaque triplet sujet, odeur et électrode.



Olfaction et temps-fréquence
(Huart et al., 2012)



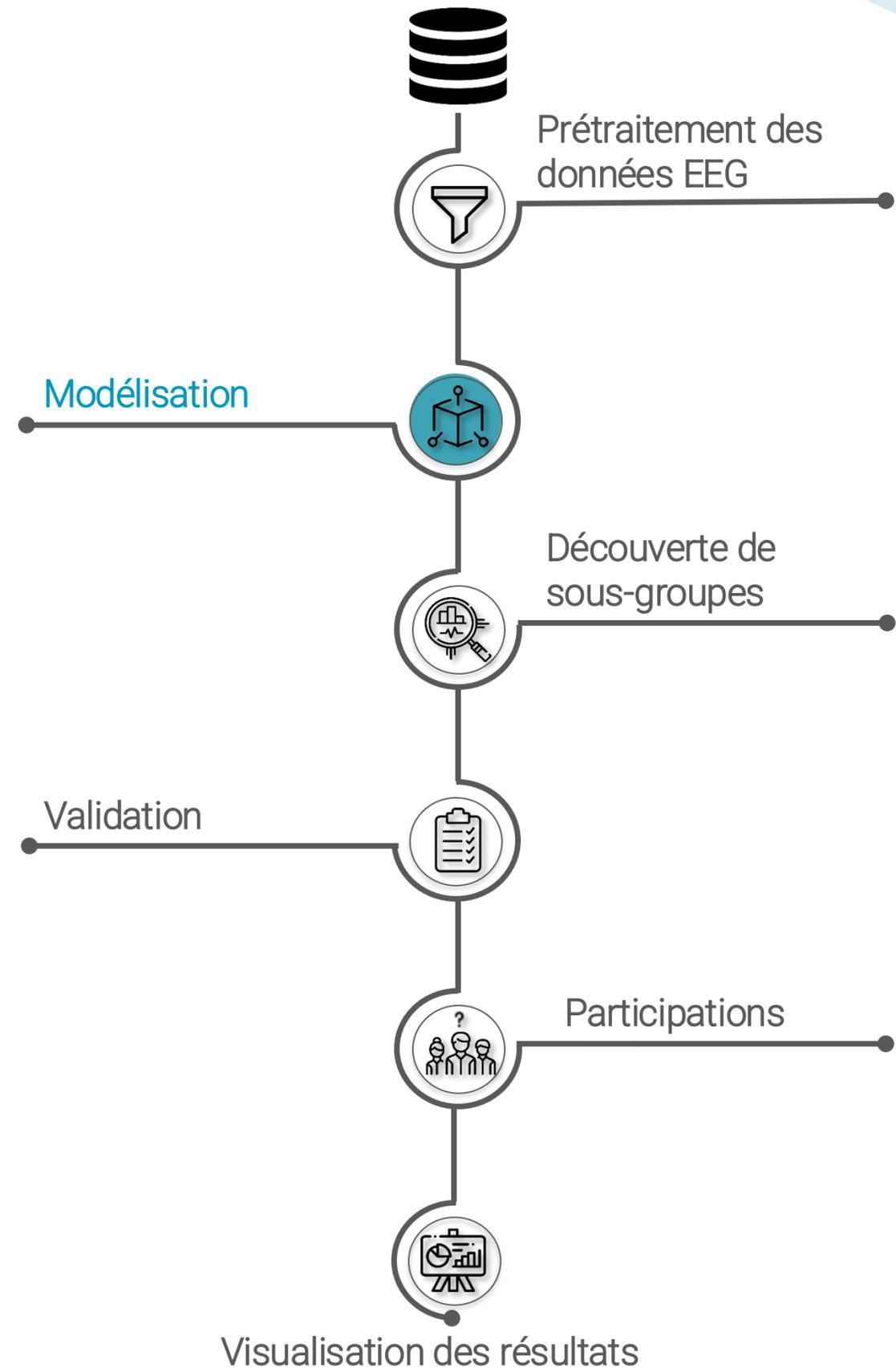
Modélisation sous forme de graphe attribué à partir des tableaux temps-fréquences

$V_{(1,1)}$		$V_{(1,2)}$		$V_{(1,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
unpleasant-arousing	87.19	unpleasant-arousing	81.86	unpleasant-arousing	73.64
pleasant-arousing	65.31	pleasant-arousing	61.91	pleasant-arousing	56.00
unpleasant-calming	32.06	unpleasant-calming	31.87	unpleasant-calming	28.37
pleasant-calming	60.08	pleasant-calming	56.30	pleasant-calming	50.63

$V_{(2,1)}$		$V_{(2,2)}$		$V_{(2,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
unpleasant-arousing	88.17	unpleasant-arousing	82.24	unpleasant-arousing	73.87
pleasant-arousing	70.01	pleasant-arousing	62.24	pleasant-arousing	56.28
unpleasant-calming	30.11	unpleasant-calming	31.69	unpleasant-calming	28.39
pleasant-calming	61.04	pleasant-calming	56.65	pleasant-calming	50.83

$V_{(3,1)}$		$V_{(3,2)}$		$V_{(3,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
unpleasant-arousing	73.77	unpleasant-arousing	73.66	unpleasant-arousing	73.50
pleasant-arousing	70.11	pleasant-arousing	69.47	pleasant-arousing	68.84
unpleasant-calming	30.06	unpleasant-calming	25.72	unpleasant-calming	25.71
pleasant-calming	59.16	pleasant-calming	59.32	pleasant-calming	59.44

- un sommet V correspond à un couple temps-fréquence
- une arrête E relie les points temps-fréquences adjacents
- un attribut de sommet C correspond au 4 catégories émotionnelles
- l'ensemble des attributs C est associé à chaque sommet et leurs valeurs D décrivent l'activité du point temps-fréquence correspondant



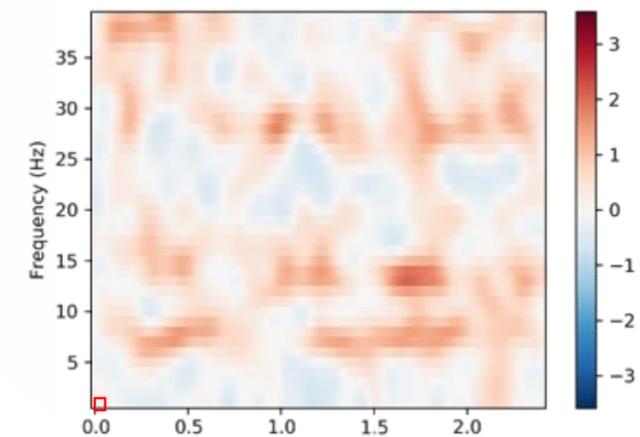
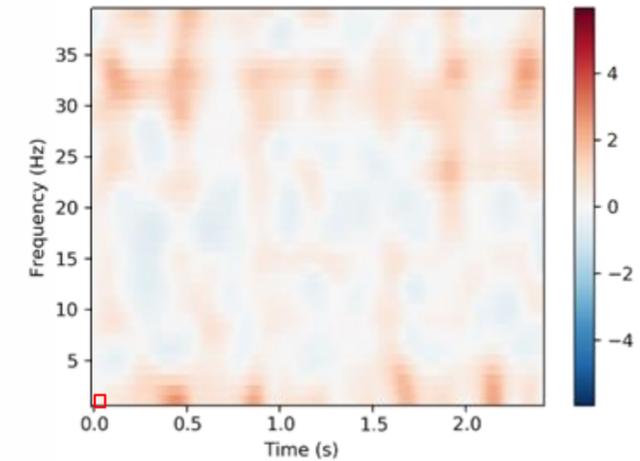
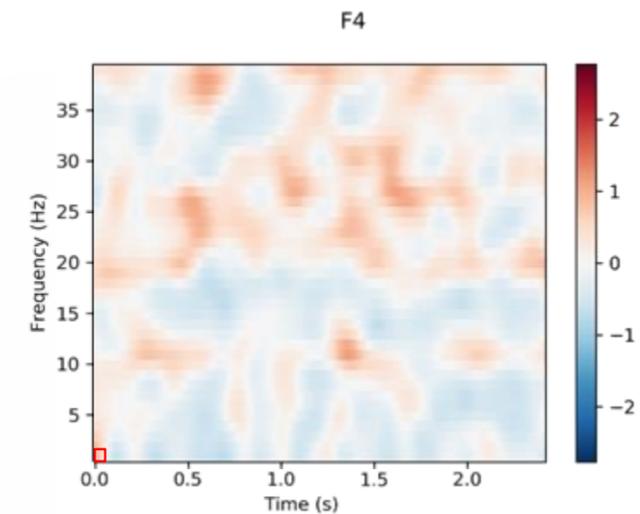
Modélisation

Odeurs déplaisantes-éveillantes :

$v_{(1,1)}$		$v_{(1,2)}$		$v_{(1,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
unpleasant-arousing	87.19	unpleasant-arousing	81.86	unpleasant-arousing	73.64
pleasant-arousing	65.31	pleasant-arousing	61.91	pleasant-arousing	56.00
unpleasant-calming	32.06	unpleasant-calming	31.87	unpleasant-calming	28.37
pleasant-calming	60.08	pleasant-calming	56.30	pleasant-calming	50.63

$v_{(2,1)}$		$v_{(2,2)}$		$v_{(2,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
unpleasant-arousing	88.17	unpleasant-arousing	82.24	unpleasant-arousing	73.87
pleasant-arousing	70.01	pleasant-arousing	62.24	pleasant-arousing	56.28
unpleasant-calming	30.11	unpleasant-calming	31.69	unpleasant-calming	28.39
pleasant-calming	61.04	pleasant-calming	56.65	pleasant-calming	50.83

$v_{(3,1)}$		$v_{(3,2)}$		$v_{(3,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
unpleasant-arousing	73.77	unpleasant-arousing	73.66	unpleasant-arousing	73.50
pleasant-arousing	70.11	pleasant-arousing	69.47	pleasant-arousing	68.84
unpleasant-calming	30.06	unpleasant-calming	25.72	unpleasant-calming	25.71
pleasant-calming	59.16	pleasant-calming	59.32	pleasant-calming	59.44



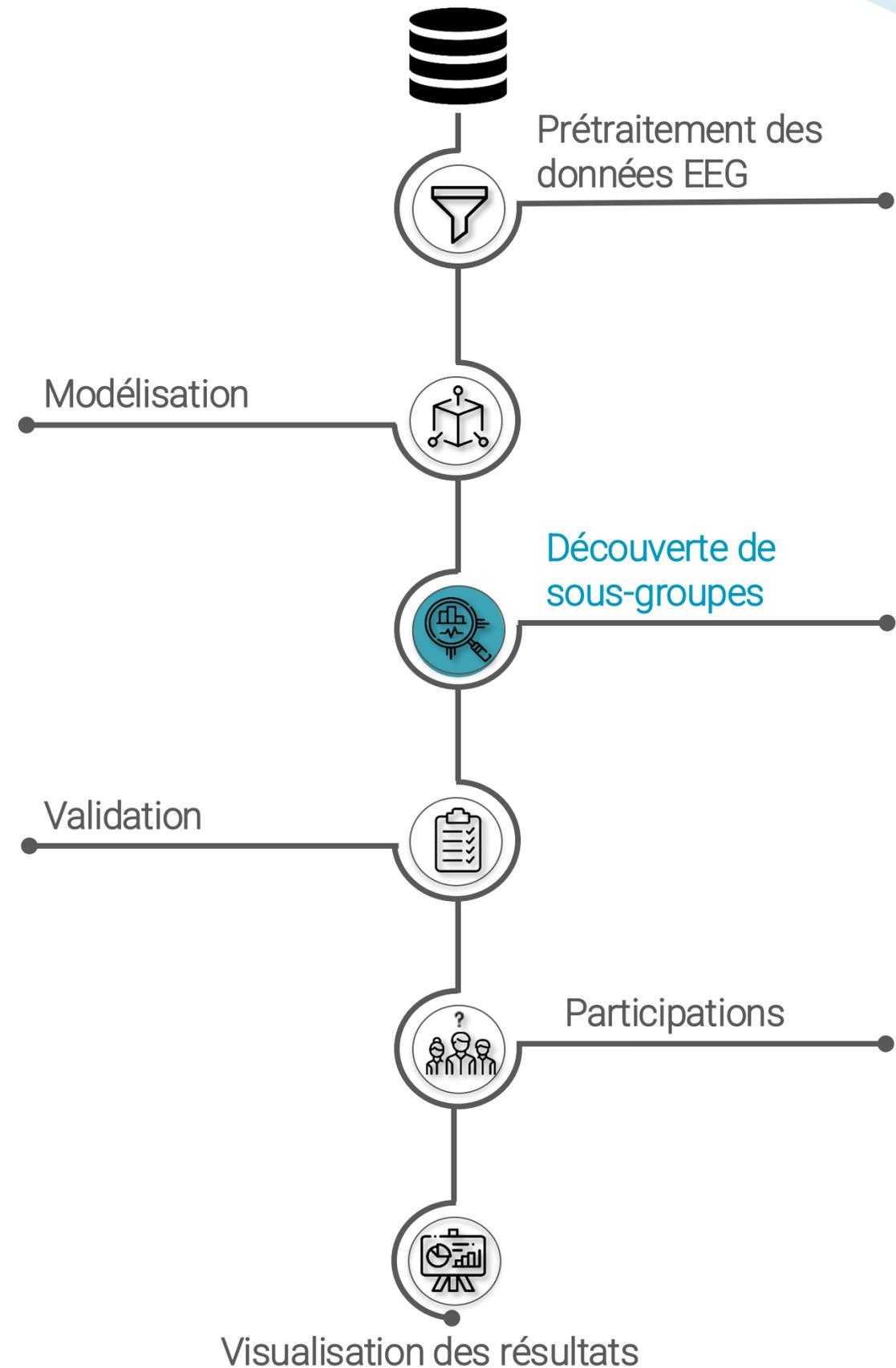
Découverte de sous-graphes exceptionnels avec C-energetics

$v_{(1,1)}$		$v_{(1,2)}$		$v_{(1,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>unpleasant-arousing</i>	87.19	<i>unpleasant-arousing</i>	81.86	<i>unpleasant-arousing</i>	73.64
<i>pleasant-arousing</i>	65.31	<i>pleasant-arousing</i>	61.91	<i>pleasant-arousing</i>	56.00
<i>unpleasant-calming</i>	32.06	<i>unpleasant-calming</i>	31.87	<i>unpleasant-calming</i>	28.37
<i>pleasant-calming</i>	60.08	<i>pleasant-calming</i>	56.30	<i>pleasant-calming</i>	50.63

$v_{(2,1)}$		$v_{(2,2)}$		$v_{(2,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>unpleasant-arousing</i>	88.17	<i>unpleasant-arousing</i>	82.24	<i>unpleasant-arousing</i>	73.87
<i>pleasant-arousing</i>	70.01	<i>pleasant-arousing</i>	62.24	<i>pleasant-arousing</i>	56.28
<i>unpleasant-calming</i>	30.11	<i>unpleasant-calming</i>	31.69	<i>unpleasant-calming</i>	28.39
<i>pleasant-calming</i>	61.04	<i>pleasant-calming</i>	56.65	<i>pleasant-calming</i>	50.83

$v_{(3,1)}$		$v_{(3,2)}$		$v_{(3,3)}$	
<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>unpleasant-arousing</i>	73.77	<i>unpleasant-arousing</i>	73.66	<i>unpleasant-arousing</i>	73.50
<i>pleasant-arousing</i>	70.11	<i>pleasant-arousing</i>	69.47	<i>pleasant-arousing</i>	68.84
<i>unpleasant-calming</i>	30.06	<i>unpleasant-calming</i>	25.72	<i>unpleasant-calming</i>	25.71
<i>pleasant-calming</i>	59.16	<i>pleasant-calming</i>	59.32	<i>pleasant-calming</i>	59.44

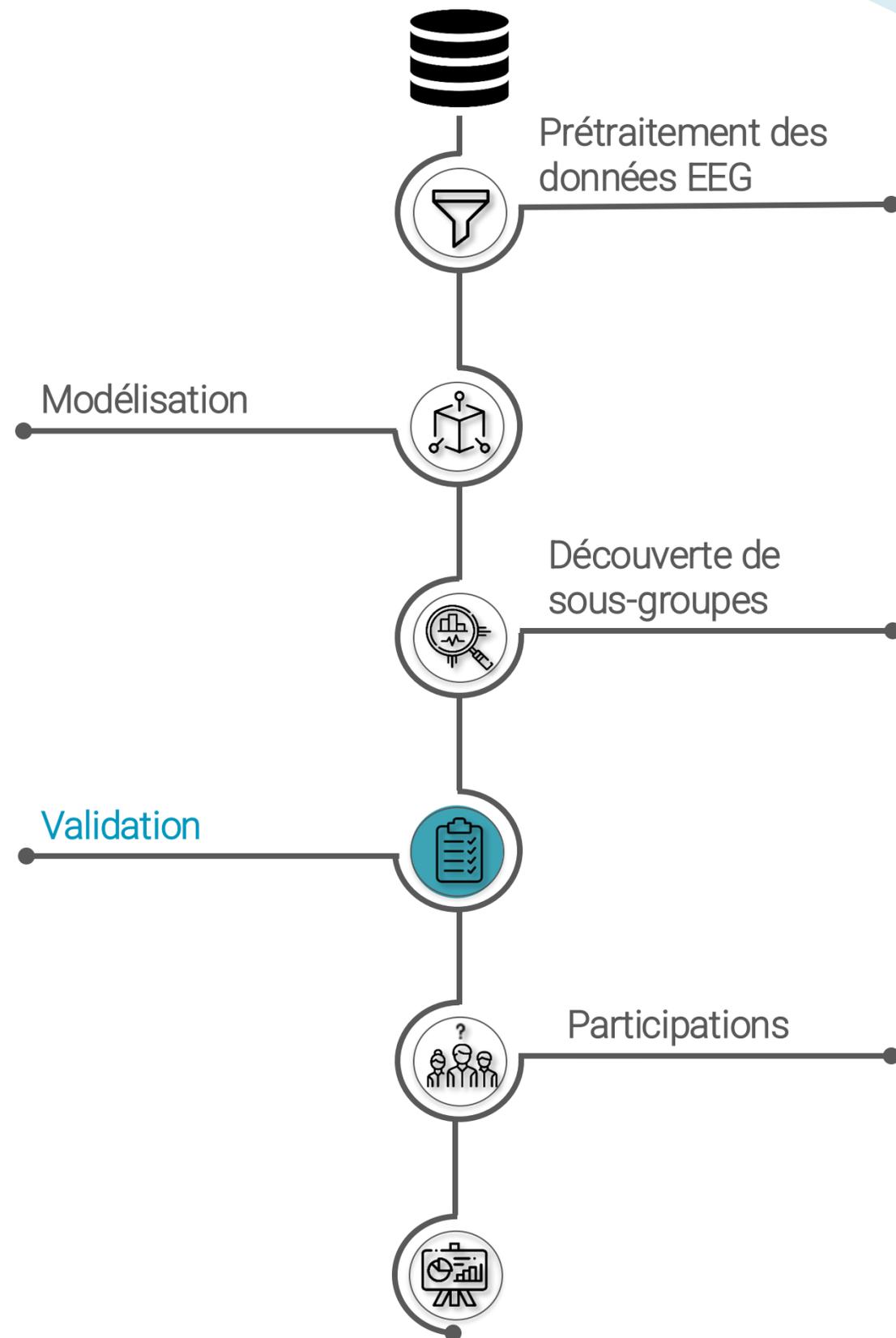
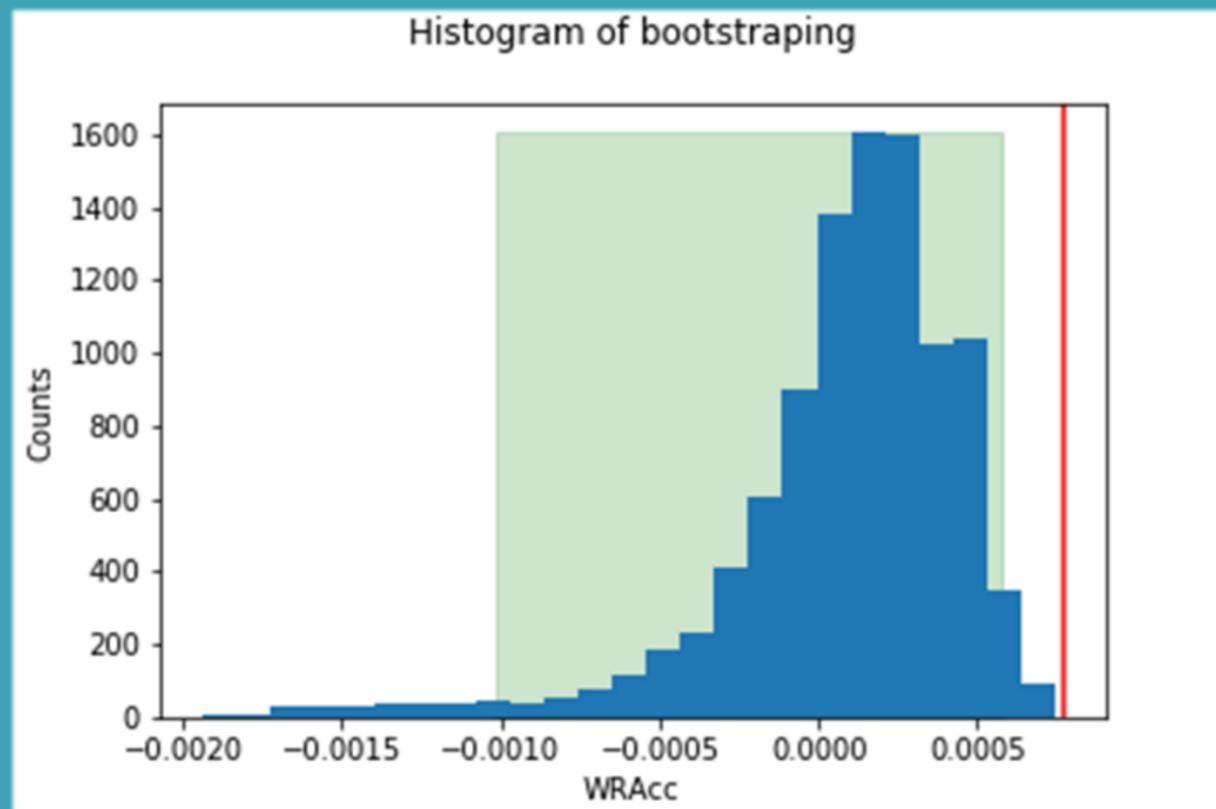
Bendimerad et al., 2018



Validation

Bootstrap : tirage de 10.000 sous-graphes connexes aléatoires de même taille que le motif à valider et calcul de leur WRAcc.

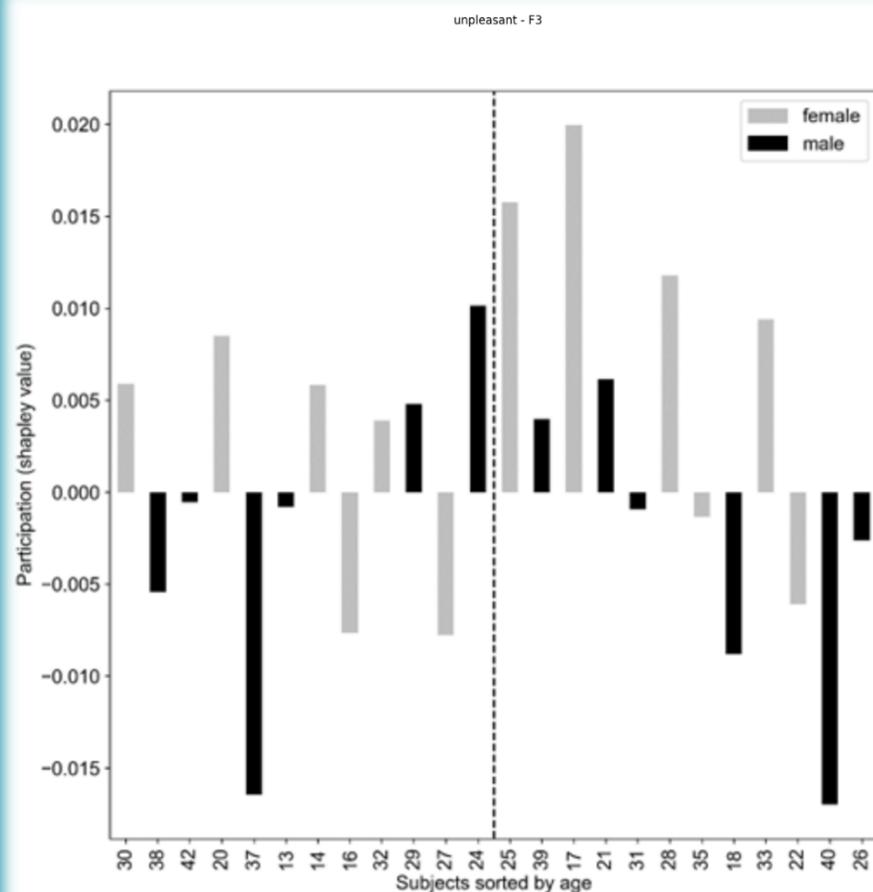
Si la WRAcc du motif courant est hors de l'intervalle de confiance ($\alpha=0.05$) de cette distribution : le motif est validé.



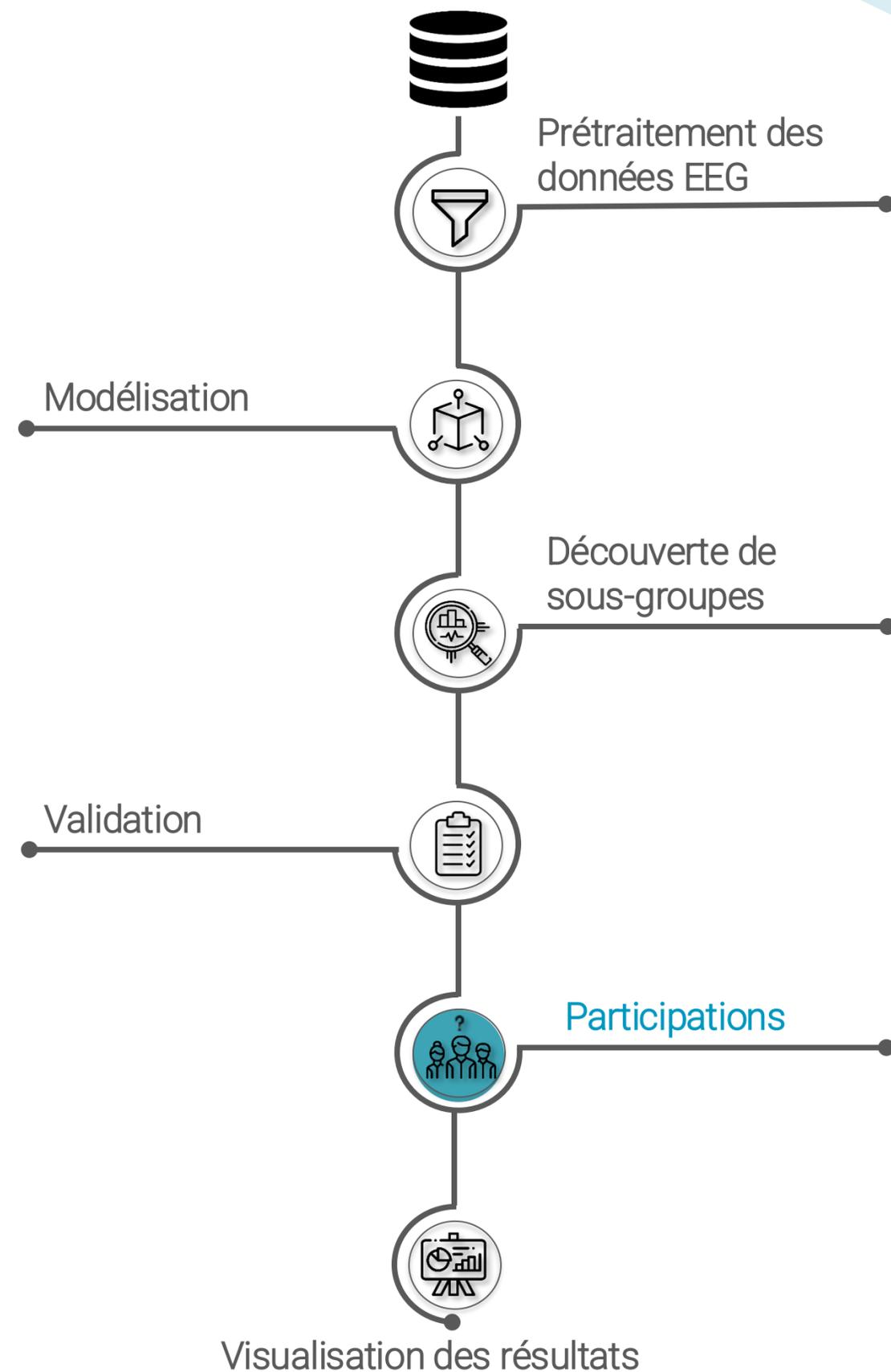
Participation

Calcul du nombre d'individus participant au motif et quantification de leur participation

Valeur de Shapley



Shapley, 1988

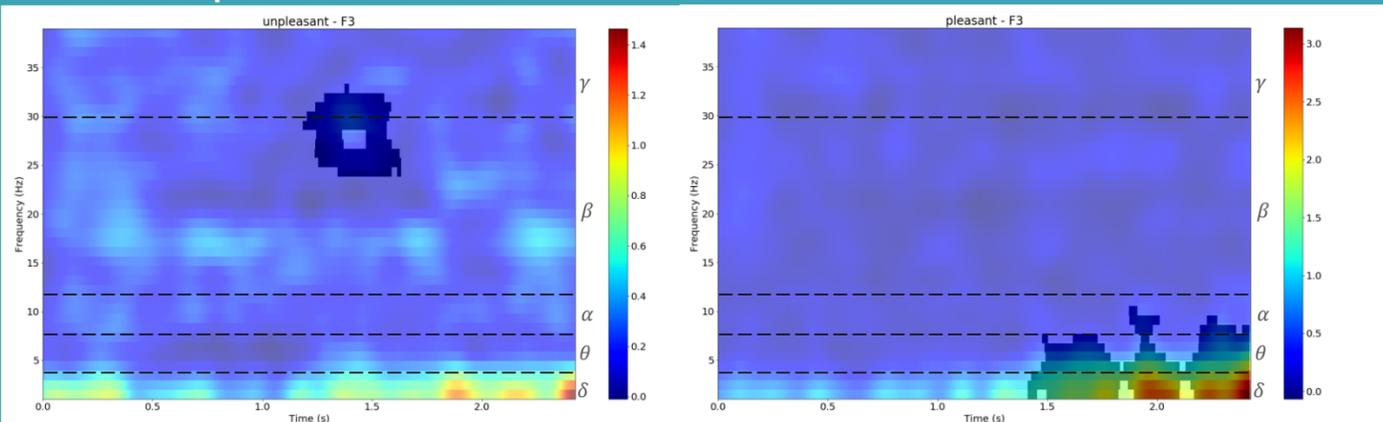


Résultats

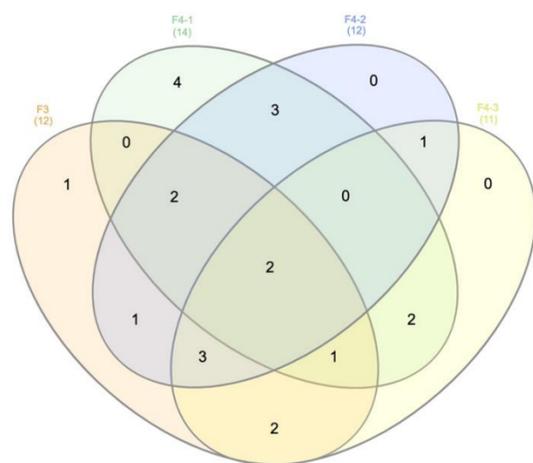
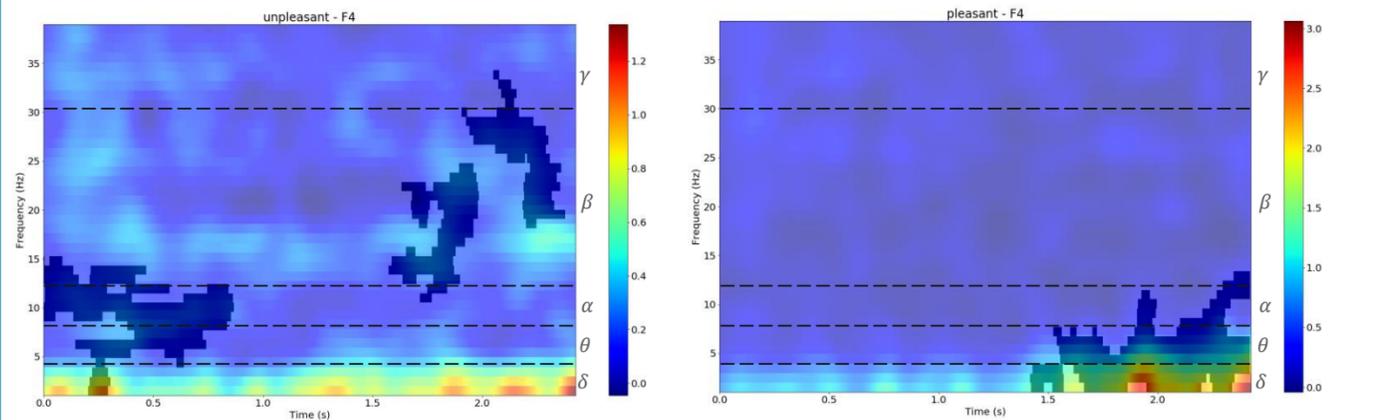
Déplaisant

Plaisant

F3



F4



Kato et al., 2022

Modélisation

Validation



Prétraitement des données EEG



Découverte de sous-groupes



Participations



Visualisation des résultats

Conclusion

	Étude 3
Résultats en accord avec la littérature	<ul style="list-style-type: none">- Activité plus rapide pour les odeurs déplaisantes que pour les odeurs plaisantes.- Traitement plus accentué des odeurs déplaisantes dans l'hémisphère droit.- Bandes de fréquence δ, β et γ discriminant les odeurs déplaisantes et plaisantes.
Résultats nouveaux	Plus grande variabilité individuelle pour les odeurs déplaisantes que plaisantes.

Discussion

Pertinence de l'utilisation de l'approche

- Résultats en adéquation avec la littérature
- Résultats informatifs et détaillés
- Prise en compte de plusieurs dimensions simultanément
- Prise en compte de données hétérogènes
- Méthodologie adaptée à un jeu de données de taille moyenne et de grande taille
- Prise en compte de la variabilité individuelle

Discussion

Représentation de la valeur hédonique au sein du système nerveux



IRMf

Activité asymétrique dans le cortex piriforme antérieur : les odeurs déplaisantes sont traitées préférentiellement à gauche et les odeurs plaisantes à droite.

Latéralisation du déplaisant à gauche du cortex piriforme postérieur.



EEG

Activité asymétrique pour le déplaisant avec un traitement plus accentué des odeurs déplaisantes dans l'hémisphère droit.

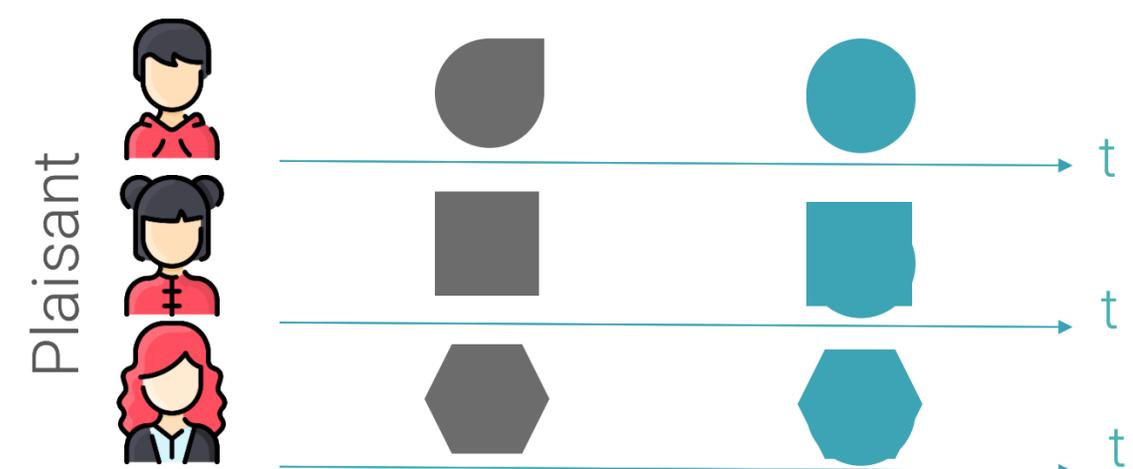
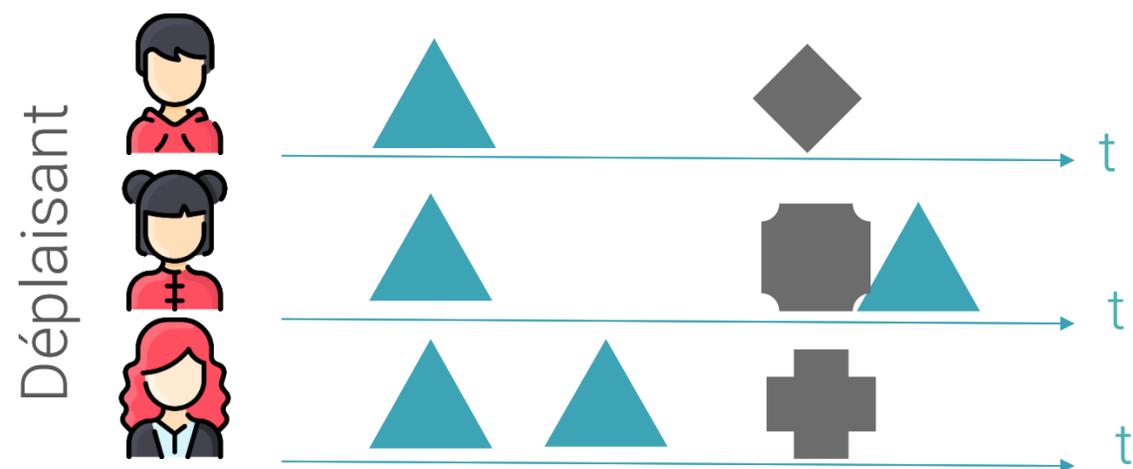
Activité plus rapide pour les odeurs déplaisantes que pour les odeurs plaisantes.

Discussion

Représentation de la valeur hédonique et variabilité inter-individuelle

Étude 1	Étude 2	Étude 3
Plus grande variabilité individuelle pour les odeurs plaisantes que déplaisantes	Plus grande variabilité individuelle pour les odeurs plaisantes que déplaisantes	Plus grande variabilité individuelle pour les odeurs déplaisantes que plaisantes
Statique		Dynamique

→ localisation spatiale
 → localisation temporelle



Limites

- Ne pas étudier l'aspect temporel dans les études 1 et 2
- Résultats entre études peu comparables car les technologies utilisées et les participants sont différents
- Peu d'individus et d'odeurs
- Trop peu d'information concernant les facteurs de variabilité pour caractériser les sous-groupes
- Difficultés d'interprétation de motifs multi-dimensionnels ou complexes

Perspectives

Tester les nouvelles hypothèses générées pendant la thèse en :

- étudiant l'aspect temporel dans l'étude 1 de psychophysologie
- couplant les différentes technologies dans une même expérience

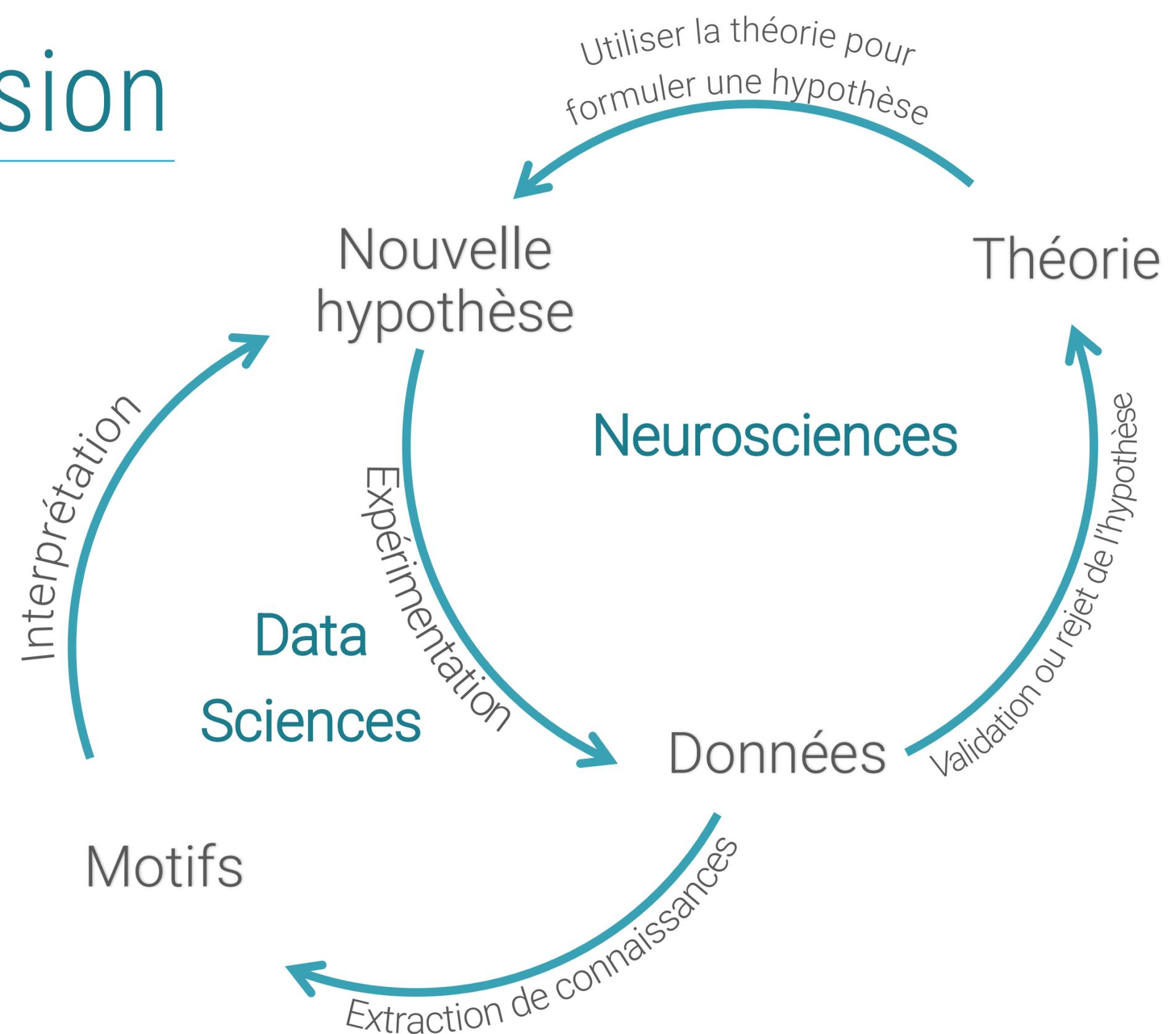
Caractériser les populations dans les sous-groupes :

- Prendre en compte plus de facteurs de variabilité
- Faire des expérimentations avec plus d'individus et d'odeurs ou une méta-analyse afin d'avoir un plus large éventail de données

Approche polyvalente qui peut être utilisée dans d'autres contextes neuroscientifiques

Exemple : données provenant d'expériences écologiques réalisées par de nombreux participants à leur domicile

Conclusion



**THANK
YOU**



L'équipe Neuropop du CRNL

Les membres de mon jury



L'équipe DM2L du LIRIS

Mes participants d'expériences

Ma famille et mes amis