

Bee Api & Face



Les abeilles reconnaissent-elles leur apiculteur à l'aide d'une identification faciale ?

Réalisé par les élèves de l'atelier Bee Api du lycée Alexis Monteil:

Aymeric Puech, Emma Colonges, Eolina Ferreira, Guilhem Barrau-Enjalbert, Pablo Héroult, Romain Maratuech et Tatiana Couffignal.

Encadrés par Corinne Desterbecq et Francine Rivière

 [Vidéo complémentaire](#) 

C'est nous !



Aurore Avarguès-Weber
Docteur en éthologie cognitive
au Centre de Recherches sur la
Cognition Animale du CNRS de
Toulouse, Université Paul
Sabatier

J'apporte le savoir de mes
ruches et mets de la
rigueur dans la démarche

Je suis calme et
réfléchi

Expérimentateur
rédacteur
conseiller technique

Je nourris mes petits
(ils adorent les bonbons à
la fraise)

Je suis discret
mais efficace

expérimentateur
« data-analyste »

J'adore cueillir les
abeilles et leur parler

(expérimentatrice
Rédactrice,
« data-analyste »)



J'ai peur des abeilles
mais je prends sur
moi et apprends
beaucoup

expérimentatrice
rédactrice

J'essaie d'innover avec
des programmes
informatiques

L'étourdi de la bande

expérimentateur
conseiller technique
scénariste
monteur

Je suis le surexcité du
groupe

expérimentateur
relecteur

Je mets du pep's dans ce groupe de
scientifiques et donne le rythme

expérimentatrice
rédactrice

Attention : il existe plusieurs liens interactifs permettant d'accéder à des de très courtes vidéos (quelques secondes) permettant de visualiser les comportements de l'abeille évoqués



Sommaire

I) Introduction	4
II) Problématique	4
III) Développement	4
Partie 1 : Le travail avec les abeilles.....	4
A) L'abeille, un insecte insatiable : un atout	4
B) La constance florale des abeilles : un second atout	5
C) La sélection d'une abeille cobaye.....	6
Partie 2 : Des préalables indispensables à l'élaboration du protocole expérimental 7	
A) Les capacités des abeilles qui doivent être prises en compte (pour la rigueur de l'expérience)	7
<i>Discrimination des couleurs</i>	8
<i>Discrimination des formes</i>	8
B) Des écueils constructifs.....	9
Partie 3 : Le protocole expérimental et sa mise en œuvre	11
A) Le principe de notre expérience	11
B) La réalisation des supports techniques pour l'expérience sur les visages	12
<i>Support des solutions</i>	12
<i>Cartes des visages</i>	12
<i>Panneau</i>	13
C) Le petit matériel.....	13
D) Première expérience à deux choix / Automne	13
<i>Protocole</i>	13
<i>Résultats</i>	14
<i>Exploitation</i>	15
<i>Bilan et poursuite des investigations ;</i>	16
E) Expérience multi-choix / Automne	16
<i>Protocole</i>	16
<i>Résultats</i>	17
<i>Exploitation</i>	18
<i>Le test ultime de vérification</i>	20
<i>Réponse à notre problématique</i>	20
F) Expérience multi-choix / Printemps,	20
<i>2^{ème} abeille</i>	21
<i>3^{ème} abeille</i>	22
<i>Conclusion des expériences du printemps :</i>	22
IV) Conclusion du travail/critique de l'expérience et perspectives	23
<i>Contraintes</i>	23
<i>Diversité des portraits proposés</i>	23
<i>Difficultés rencontrées lors des observations et du relevé des résultats</i>	23
<i>Fiabilité des résultats</i>	24
<i>Perspectives</i>	24
<i>Apport du projet</i>	25
<i>Remerciements</i>	25

I) Introduction

Dans le contexte de notre atelier scientifique, nous nous intéressons aux capacités des abeilles qui leur servent notamment à la reconnaissance des fleurs et à leur orientation.

Nous avons donc réalisé des tests attestant de leur aisance à discriminer les couleurs et les formes.

Ravis de leur réussite nous avons proposé des défis plus compliqués. Nous avons testé leur capacité à dénombrer jusqu'à 5. Cette consigne plus complexe a nécessité un nombre d'essais beaucoup plus élevé pour obtenir la réussite : ce défi mobilise des capacités supérieures chez les abeilles.

Encouragés et enthousiasmés par les prouesses de nos butineuses, et les résultats plutôt conduants de nos 1ères expériences nous avons voulu aller plus loin : en effet, lors de conférences sur les abeilles, une question revient toujours : «Mes abeilles me reconnaissent-elles en tant que leur apiculteur?». Les chercheurs y répondent affirmativement tout en précisant qu'aucune étude scientifique n'a mis en évidence les critères d'identification utilisés par les abeilles. Plusieurs hypothèses existent dont la reconnaissance du visage.

D'où la problématique retenue.

II) Problématique

Les abeilles reconnaissent-elles leur apiculteur à l'aide d'une identification faciale ?

Ce projet nous a semblé innovant étant donné qu'il vise d'une part à éprouver une hypothèse pas encore testée et que d'autre part il est difficile de travailler avec des insectes (piqueurs!) et de leur faire comprendre des consignes expérimentales. Enfin il nous a conduits à la création de supports originaux adaptés au travail avec les insectes, évolutifs en fonction des résultats

Partie 1 : Le travail avec les abeilles

Travailler sur des abeilles n'est pas une tâche aisée : par exemple, il est difficile de communiquer avec un insecte et de surcroît lui faire comprendre une consigne. Par ailleurs nous sommes assujettis aux conditions météorologiques (peu de butinage en dessous de 15 degrés, difficulté de vol en cas de grand vent.....).

Mais elles présentent 2 caractéristiques qui vont favoriser les expérimentations destinées à tester leurs capacités : c'est d'une part leur **insatiabilité** et d'autre part la **constance florale** dont elles font preuve.

A) L'abeille, un insecte insatiable : un atout

Comme avec les autres animaux, de telles expérimentations ont recours à un système de récompense. Chez nombre d'espèces, les expériences sont limitées dans le temps puisque au bout de quelques heures l'animal est gavé de récompenses (souvent une sucrerie, de la nourriture etc....) et il devient difficile de le motiver à se surpasser pour obtenir une friandise dont il ne veut plus.

L'avantage de travailler avec des abeilles (les butineuses), est qu'elles ne vont pas à la recherche de nourriture pour elles-mêmes mais pour la colonie. Une butineuse explore les environs de son abri (rayon d'action d'environ 3 km) pour trouver une ressource (pollen et nectar des fleurs (voire miellat)) destinée à nourrir ses congénères ou les larves en cours de développement.

Pour récolter le nectar, elle l'aspire avec sa trompe et remplit son jabot. Une fois celui-ci plein, elle retourne à la ruche pour déposer sa récolte dans une alvéole où les manutentionnaires le travailleront pour le transformer peu à peu en miel. Une abeille n'est donc jamais rassasiée et n'aura de cesse, sitôt le jabot vidé, de repartir le remplir à nouveau. On peut donc expérimenter des heures durant sans lasser une butineuse, ce qui est un gros avantage.



**Trompe de l'abeille
en action**



**Abeille travaillant le nectar
dans une alvéole**

B) La constance florale des abeilles : le second atout

Le second point d'ancrage de nos expérimentations est leur constance florale :

Dans une prairie contenant de multiples ressources florales, une abeille qui, à un moment de la journée, a trouvé une première source de nourriture dans une fleur (nectar ou pollen) et a déjà déposé sa récolte dans sa ruche, reviendra butiner les fleurs de la même espèce dans la même prairie. Ce comportement optimise la récolte de pollen ou de nectar en réduisant le temps de prospection inutile, puisque en général, dans une journée, les fleurs de même espèce produisent simultanément du nectar.

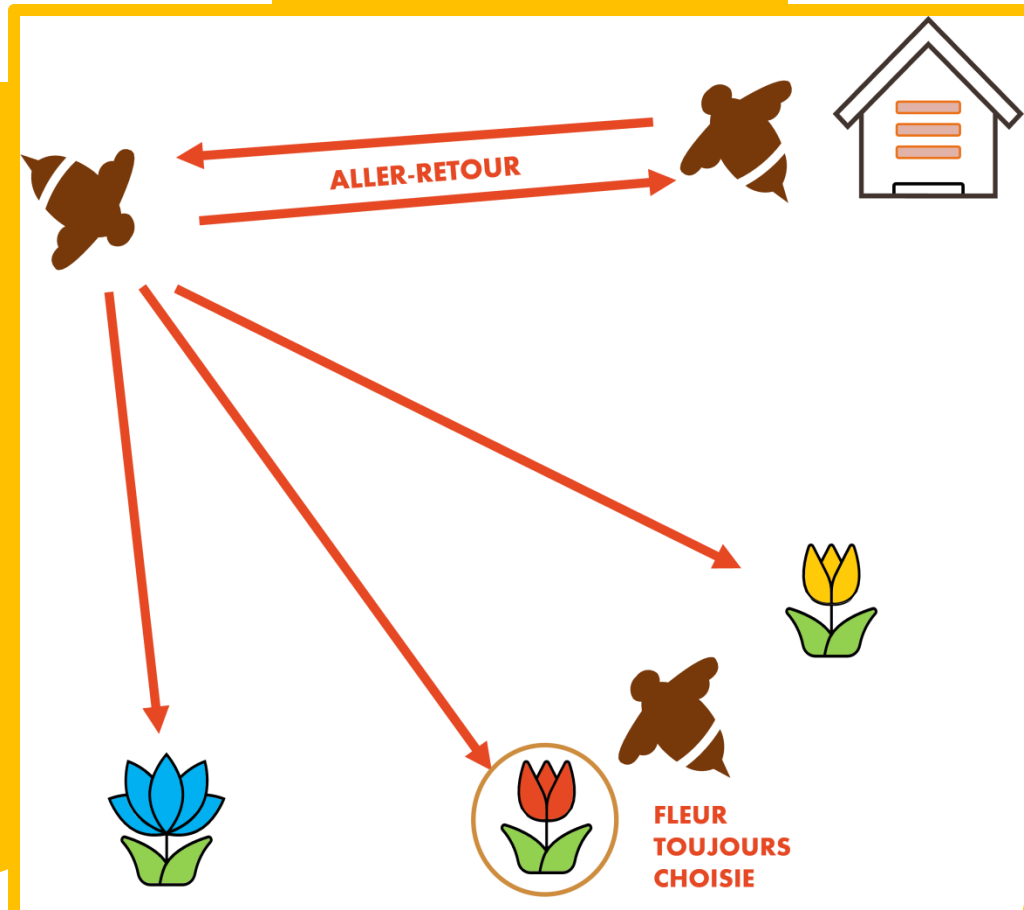
Chaque abeille présente ainsi une constance florale, s'adaptant bien sûr à l'évolution des ressources.

La constance florale

Nous utilisons ces deux atouts pour sélectionner une abeille qui sera notre cobaye. Dans toutes les expériences, nous proposons une source de nourriture illimitée (insatiabilité exploitée) et facile à prélever (constance florale exploitée).

Nous nous assurons ainsi que notre abeille-cobaye réalise de nombreux allers retours entre la ruche et notre table d'expérimentation.

Pour sélectionner une abeille nous procédons de la manière suivante :



C) La sélection d'une abeille cobaye

Dans un premier temps, quelques jours avant notre expérience, nous plaçons des seaux contenant des résidus de cire imprégnés de miel à proximité des ruches (5 à 10 m). Ce délicieux mélange est un « piège » : il permet d'attirer de nombreuses butineuses. Nous devons parfois chasser des frelons car ce sont de féroces prédateurs qui agressent, stressent les abeilles, ce qui gêne le bon déroulement de notre expérimentation.

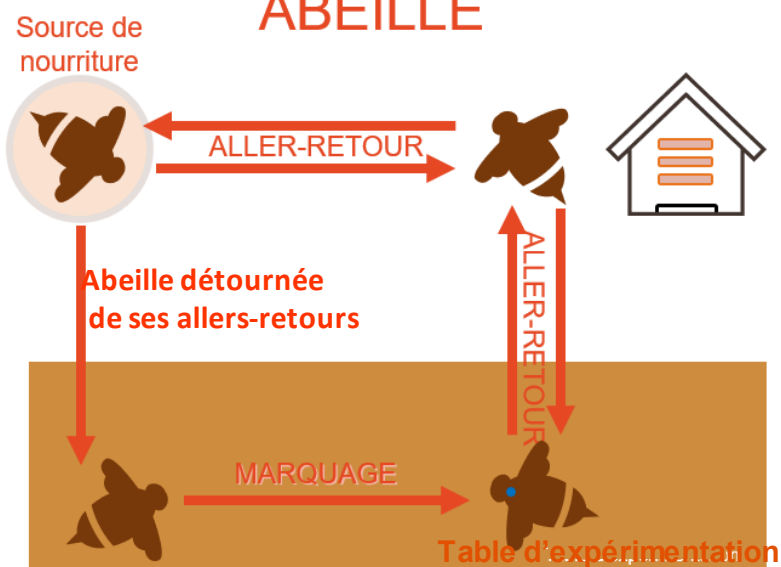


Le jour même de notre expérience, vêtus de nos tenues de protection pour ceux qui le souhaitent (butineuses non agressives), nous nous approchons des seaux et nous proposons à ces butineuses des cuillères remplies d'eau sucrée liquide. Nous cherchons ainsi à détourner l'une d'entre elles du miel. Cette eau sucrée est plus intéressante car elle est plus simple à aspirer et tout autant nutritive.

Lorsqu'elle commence à prélever le mélange de la cuillère, nous la déplaçons à petits pas jusqu'à la table d'expérimentation, sans mouvements brusques. Il est important qu'elle soit arrivée à la table avant d'avoir fini de remplir son jabot. En effet, une fois plein, si l'abeille juge intéressante une ressource trouvée, elle réalise "un vol de repérage" avant de retourner à la ruche. Ce vol lui permet de se repérer et de s'orienter pour revenir à cette source de nourriture (et d'informer si nécessaire les autres butineuses d'une ressource rentable). Il se caractérise par plusieurs cercles effectués au-dessus du lieu à repérer. Pour nos expérimentations il faut impérativement que ce vol soit réalisé au-dessus de notre table

Sélection d'une abeille cobaye

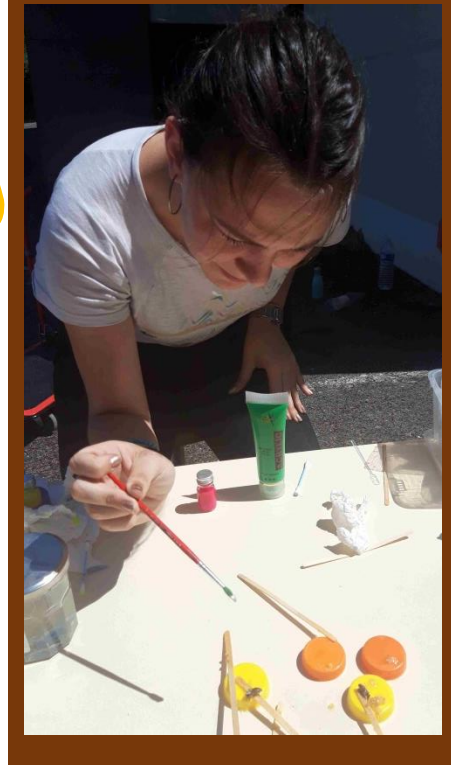
ATTIRER UNE ABEILLE



Il nous arrive de nombreuses fois de ne pas réussir à les ramener à temps, elles s'envolent avant qu'on n'atteigne la table. Lorsque cela nous arrive, nous devons alors essayer d'en attraper une autre dans notre "seau". Cette partie de l'expérience est souvent très longue et peut durer jusqu'à plus de 3 heures pour récupérer une seule abeille ! A cause de la constance florale, il nous est difficile de la détourner de la première ressource (récipient de miel).

Lorsque nous arrivons à ramener une abeille sur la table d'expérimentation, nous la marquons sur le thorax avec un point de peinture en faisant attention à ne pas toucher les ailes. Nous appelons cette étape "le marquage". Elle permet de nous assurer que la même abeille revient régulièrement au lieu de l'expérience. Nous utilisons de la gouache non toxique pour les abeilles et qui s'estompe avec le temps. Dès qu'une abeille commence à revenir de manière régulière, nous mettons l'expérience en route. Pour optimiser cette longue étape de sélection du cobaye, il nous est arrivé de marquer plusieurs abeilles de couleurs différentes. Cette méthode peut entraîner des inconvénients. En effet, les abeilles peuvent se déranger entre elles quand elles arrivent en même temps. Dans ces cas-là, on sélectionne une des abeilles marquées, pour poursuivre l'expérience en isolant les autres temporairement.

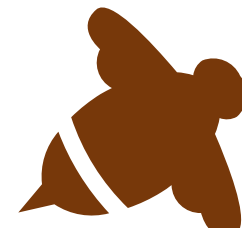
Marquage d'une abeille cobaye



Abeille marquée



Marquage



Partie 2: Des préalables indispensables à l'élaboration du protocole expérimental

La constance florale des abeilles butineuses montre qu'elles présentent des capacités de discrimination des fleurs. Ce sont ces moyens de discrimination que nous avons été amenés à mettre en évidence au cours de nos investigations. Les connaissant, nous en avons tenu compte dans la conception des supports techniques de nos expériences pour être sûrs que nos abeilles n'utilisent aucun biais dans la reconnaissance des visages.

Dans ce qui suit, nous développons ces éléments :

A) Les capacités des abeilles qui doivent être prises en compte (pour la rigueur de l'expérience)

Nous nous sommes intéressés aux capacités des abeilles qui leur servent à la reconnaissance des fleurs : discrimination par les odeurs, les formes ou les couleurs....

Nous avons seulement réalisé des tests attestant de leur aisance à distinguer les couleurs et les formes. Le principe des tests est identique pour toutes nos expériences :

Pour le paramètre testé, nous proposons à l'abeille une diversité de choix dont un seul est associé à une récompense (eau sucrée dont l'abeille raffole). Les mauvais choix sont associés à de l'eau pure (qui l'indiffère) ou de l'eau salée (qu'elle n'aime pas = punition). Les expériences consistent à évaluer pour chacun de ses allers-retours, l'aptitude de l'abeille à retrouver efficacement l'eau sucrée. L'eau sucrée, l'eau pure, l'eau salée étant indiscernables (inodores/incolores..), la réussite de l'abeille tend à prouver sa capacité à différencier les choix.

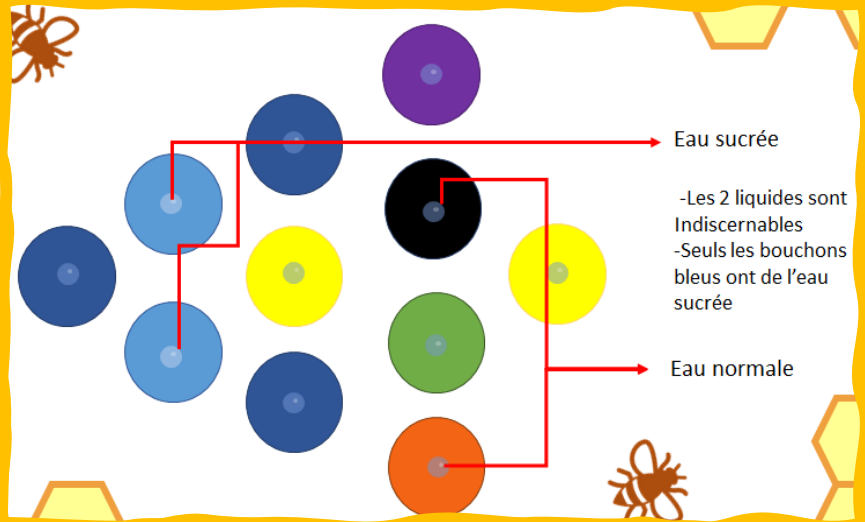
Par exemple pour la discrimination des couleurs

Pour cette expérience, nous avons des bouchons de différentes couleurs, mais de forme identique. Sur les bouchons bleu clair nous avons déposé la goutte d'eau sucrée. L'eau pure est placée sur tous les autres bouchons (non bleu clair).

Nous considérons que l'abeille a réussi lorsqu'elle commence à aspirer le liquide sucré sur un des bouchons bleu clair et quelle a fait une erreur lorsque qu'elle goûte (antennes/trompe) l'eau pure.

Nous relevons à chacune de ses venues, le temps mis pour trouver l'eau sucrée et le nombre d'erreurs réalisées par la butineuse avant sa réussite.

Installation permettant de tester la vision des couleurs par l'abeille



Au fur et à mesure de ses allées et venues, l'abeille a diminué son nombre d'erreurs jusqu'à ne plus en faire du tout au bout de 5 rotations.

Même si nous n'avons travaillé que sur quelques cobayes, nous avons pu en conclure que les abeilles sont au moins capables de reconnaître le bleu. Le fait qu'après un petit nombre d'échecs, notre spécimen adopte un nouveau comportement de survol des bouchons, semblant rechercher ceux de la bonne couleur, de même sa désorientation lorsque les bouchons sont changés de place, confortent l'hypothèse qu'elles savent discriminer les couleurs.

Nos résultats sont allés dans le sens de ceux largement déjà mis en évidence par la communauté scientifique et en particulier par Aurore Avarguès-Weber du CNRS notre référente pour nos travaux.

Cette expérience a été faite dans des conditions météorologiques difficiles (froid, vent, journées courtes à la mi-octobre) qui nous ont empêchés, dans l'urgence, de relever rigoureusement les résultats observés. Nous en avons tenu compte par la suite.

Pour notre interrogation sur la capacité des abeilles à reconnaître les visages nous devons tenir compte de cette capacité à discriminer les couleurs. C'est-à-dire que nous avons dû nous assurer qu'elles n'utilisaient pas ce biais pour identifier des visages.

Par exemple pour la discrimination des formes

Une expérience similaire a été préparée pour tester la discrimination des formes dans un autre cadre (Option de seconde Méthodes et Pratique Scientifiques avant la réforme de 2019). L'expérience n'a pas pu totalement aboutir à l'époque à cause de la pluie et de la contrainte des horaires de l'option.

Cette année, dans le temps contraint qui est le nôtre, il a fallu faire des choix d'expérimentation : nous avons privilégié les expériences directement liées à notre sujet. En effet le temps de tout concevoir et préparer le matériel, nous n'avons eu que 2 jours pour expérimenter avec les abeilles sur la reconnaissance des visages, dont un durant les vacances de la Toussaint (météo exceptionnellement clémente et favorable).

Tenant pour acquis la reconnaissance des formes par les abeilles (articles scientifiques), nous avons pris en compte cette capacité dans la conception de notre protocole sur la reconnaissance des visages. Nous avons dû nous assurer qu'elles n'utilisaient pas ce biais pour identifier des visages.

Une dernière expérience a été riche d'enseignements pour rendre notre protocole le plus rigoureux possible :

B) Des écueils constructifs

En effet nous avons tenu compte, de plusieurs biais possibles utilisés par les abeilles pour retrouver l'eau sucrée, découverts lors d'une autre expérience :

Nous cherchions à démontrer que les abeilles savent dénombrer entre 1 et 5 (= reconnaître un ensemble d'éléments).

Dans cette expérience la récompense était associée à la reconnaissance d'une quantité choisie (3 éléments). Les autres quantités proposées (1, 2, 4 et 5) étaient associées à la goutte d'eau pure. Comme pour les autres expériences, on avait relevé les performances de l'abeille.

Nous avons créé des cartes carrées plastifiées avec des secteurs angulaires bleus ressemblant à des fleurs. Les cartes comportaient de 1 à 5 secteurs. Nous avons pris la précaution de faire en sorte que la somme totale des surfaces des secteurs de chaque carte soit la même pour toutes les cartes quel que soit le nombre d'éléments. (Afin d'éviter le biais de la reconnaissance de la carte par la quantité différentielle de couleur bleue, à la place d'un réel dénombrement). La goutte était déposée au centre des secteurs.



Relevé des résultats : expérience dénombrement

Abeille.
Couleur: Verte le 29/6/22
1^{ère} combinaison sur 43 - eau pure

● Changement position
3 aller-retour

Mesures \ Essai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nombre d'Erreur	5	1	0	0	0	13	4	8	5	2	2	3	0	2	3	0
Temps Arrivée/Réussite		12/17/35	12/19/49	12/22/05	12/25/18	12/34/02	12/40/58	12/48/18	12/55/15	12/59/54	12/03/04	12/36/07	13/00/13	13/13/42	13/24/13	13/02/17
Temps Remplissage Jabot		12/18/08	12/20/62	12/23/09	12/26/08	12/35/53	12/41/56	12/47/50	12/56/13	13/02/47	13/05/02	13/10/10	13/15/13	13/21/02	13/25/44	13/28/05
Temps aller retour	12/15/49 12/17/17	12/19/49	12/22/05	12/25/18	12/28/04	12/40/09	12/44/09	12/54/37	12/59/35	13/03/60	13/06/05	13/11/15	13/19/03	13/23/54	13/28/13	13/30/32
Temps Total du test																

La première abeille testée, après 20 essais avec des erreurs (pas de réussite 3 fois de suite), a réussi le défi: 0 erreurs durant 3 fois de suite.

Mais ce qui nous intéresse ici c'est la fin de l'expérience :

En fin de séance, voulant éprouver la rigueur de notre protocole, nous avons changé la carte associée à la récompense (eau sucrée sur le 5 lors d'une rotation, puis sur le 1 lors de la rotation suivante). A notre grande déception, l'abeille cobaye trouva systématiquement la goutte d'eau sucrée. En fait peu importait le nombre de secteurs sur la carte. On avait compris donc qu'elle utilisait un autre biais (= qu'elle avait une technique de « triche ») afin de trouver l'eau sucrée. Elle ne dénombrait pas, elle repérait l'eau sucrée.

Relevé des résultats de l'abeille marquée en vert lors de l'expérience du dénombrement

odeur: verte N°-2 le 1/6/22

changement de carte
changement pondons.

ch PO

⑤

① chy carte

scritte milieu plan? ③

que eau

Mesures	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Nombre d'Erreur	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Rien		
Temps Arrivée/Réussite	17-56.33	17-59.58	18-04.20	18-07.10	18-10.25	18-13.48	18-17.03	18-19.13	18-22.26	18-26.25	18-30.35	18-27.20	3.11	10.42		
Temps Remplissage Jabot	12.57.13	8.00.47	18-04.34	18-02.56	18-11.09	18-14.29	18-17.47	18-20.03	18-23.09	18-26.57	1.10.00	3.55	Ne s'ent pas posee			
Temps aller retour	17-59.58	18-03.27	18-08.58	18-10.07	18-13.09	18-17.00	18-19.11	18-22.09	18-25.28	18-29.36	1.25.4	7.24				
Temps Total du test																

Hyp → viscosité ≠
→ odeur - ?

Pour valider l'hypothèse :

- sucre nous / sucre début d'année
- ↳ 1 goutte de même contenance
- ↳ derrière 1 plaque en verre - mettre à la lumière pour observer 1 différence
- ↳ observer si même substance
- ↳ réfracteur

Nous avons émis différentes hypothèses pour expliquer « la triche » :

La couche de plastique sur les cartes créait des reflets lumineux (notre expérience se déroulait en extérieur, donc nous ne maîtrisons pas l'éclairage dans son ensemble). Ce qui nous a amenés à nous demander si l'abeille pouvait utiliser la réflexion et/ou la réfraction des rayons lumineux potentiellement différents selon le liquide.

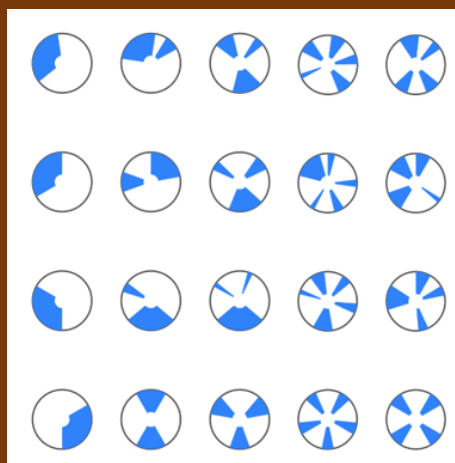


Par ailleurs, nous avons noté que l'abeille touchait souvent très rapidement les cartes avec les pattes. Il est possible qu'en les faisant vibrer elle puisse distinguer une différence de viscosité entre l'eau sucrée, l'eau salée et l'eau pure ce que l'homme est incapable de faire.

La viscosité ou la transparence sont donc un ensemble d'éléments que pourrait utiliser l'abeille pour « tricher ». L'expérience du dénombrement nous a conduits à améliorer nos supports techniques : pour cette expérience en cours et surtout pour les expériences à venir dont celle sur les visages.

Nous avons imprimé (en filaments PLA (bioplastique) avec une imprimante 3D) différents supports avec des demi-sphères creusées, dont le volume est légèrement supérieur à celui du jabot de l'abeille (70 μ L), destinées à recevoir les liquides. Nous avons adapté les cartes : devenues rondes avec un trou au centre qui se superpose à celui du support.

Nous avons également imprimé un plateau (29cmx29cm) avec des emplacements en relief pour caler les supports et les cartes avec les mêmes écarts



Second jeu de cartes pour l'expérience du dénombrement



Plateau et support avec demi-sphères creusées

Remarque : une fois le matériel modifié, les abeilles testées ont montré plus de difficultés pour réussir le test du dénombrement. Les résultats plutôt encourageants mériteraient d'être confirmés en reproduisant l'expérience avec un plus grand nombre d'abeilles.

Grâce à ces préalables nous avons pu alors nous lancer dans les expérimentations liées à notre question :

Partie 3 : Le protocole expérimental et sa mise en œuvre :

A) Le principe de notre expérience :

Le principe de l'expérience visant à tester la discrimination du visage de son apiculteur par une abeille est identique à celui des autres expériences :

Ici nous proposons à l'abeille une diversité de choix de visages d'apiculteurs sous leur voilette, dont un seul, toujours le même, est associé à la récompense. On mesure alors pour chacun de ses allers - retours, son aptitude à retrouver efficacement l'eau sucrée (mesure des temps/ relevé du nombre d'erreurs...).

Lors de l'expérimentation, nous faisons varier les propositions de visages (apiculteurs différents, angles de vue et expressions faciales divers....) et la place de l'eau sucrée.

Ce protocole expérimental est reconduit sur le plus grand nombre possible d'abeilles butineuses pour une fiabilité statistique.

Nous validerons ou invaliderons ainsi notre hypothèse.

B) La réalisation des supports techniques pour l'expérience sur les visages

Les supports des solutions

Compte tenu de la fiabilité des supports élaborés pour l'expérience sur le dénombrement, nous les avons réutilisés pour l'expérience sur les visages. Ce sont deux catégories de supports:

(5 supports carrés (4cmx4cm) et (5 supports circulaires), chacun creusé de la demi-sphère centrée



Les cartes

Puisque qu'on cherche à tester si les abeilles savent reconnaître leur apiculteur par son visage à travers sa tenue protectrice, comme pour les autres expériences, nous avons donc dû confectionner une série diversifiée, ici de visages.

Sachant qu'un visage est notamment caractérisé par sa forme et ses couleurs, et compte tenu des capacités des abeilles mises en évidence précédemment, nous avons dû élaborer des cartes de visages de façon à s'assurer que l'abeille n'utilise ni la forme ni les couleurs pour les discriminer.

Pour cela nous avons pris un certain nombre de précautions :

- toutes les photos ont été faites au même endroit avec le même éclairage, à la même distance de l'individu, même cadrage, sur un fond uni.
- toutes les personnes photographiées ont revêtu la même combinaison.
- on a rogné les photos pour cacher les tenues vestimentaires personnelles pour uniformiser la tenue.
- Les photos ont été formatées dans les mêmes dimensions et en noir et blanc sauf le visage lui-même.
- chaque personne a été photographiée dans des postures différentes doublées d'expressions reflétant divers sentiments, pour recréer une situation plus réaliste d'un apiculteur.
- on a varié les angles de vues (de face, de profil droite et gauche) pour chacun des protagonistes afin que les formes et les couleurs ne soient pas un critère de reconnaissance pour l'abeille.

Toutes ont été imprimées sur du papier photo à 200g pour obtenir une carte résistante aux manipulations et donc non identifiable par l'usure éventuelle.

Nous avons codifié les cartes avec des lettres A, B, C, D... chaque lettre correspondant à une personne et un nombre 1, 2, 3, correspondant à une posture ou une expression différente.



Etapes permettant l'harmonisation des visages des cartes

On pourrait penser que la couleur de la peau a pu aider les abeilles à distinguer les personnes. Mais il n'en est rien car les angles de prise de vue variant pour un même individu, de fait, sa couleur de peau a pris de multiples nuances selon les photos, autant que d'une personne à l'autre.

Nous nous sommes interrogés aussi sur la taille à donner à nos cartes : grandeur nature, ou réduction ?

Partant du principe qu'une abeille arrive de loin et commence par voir en petit les objets dont elle se rapproche, nous avons opté pour une taille relativement réduite : 10 x 5.5 cm

On a aussi opté pour ces dimensions pour s'assurer au mieux que tous les visages proposés entrent dans le champ de vision de l'abeille en même temps.

Cela réduit aussi l'espace nécessaire pour expérimenter.

Le panneau vertical :

Il a fallu réfléchir à la position verticale ou horizontale de notre plan de travail : devait-on disposer les supports et les cartes à plat sur une table ou verticalement contre un panneau ? Etant donnée la posture verticale de l'apiculteur et sur les conseils de notre référente Aurore Avargues-Weber, il est apparu plus judicieux d'opter pour le panneau vertical.

C) Le petit matériel

- la solution sucrée utilisée est une solution de saccharose à 200 g/L
- l'eau salée est une solution de chlorure de sodium à 200 g/L
- le dépôt des gouttes de solution est réalisé à partir de micropipettes réglées à 90 µL. Ainsi, d'une part on remplit en une fois les demi-sphères des supports d'une contenance de 105 µL et d'autre part l'abeille peut remplir son jabot en une seule prise. Ressource bien plus intéressante pour elle car elle devrait butiner 1000 fleurs de trèfle par exemple pour obtenir le même résultat.

D) Première expérience à deux choix / Automne



Protocole :

Discriminer des visages nous semblait un défi complexe à réussir pour les abeilles. D'autant que notre chercheuse référente nous avait dit que pour les tâches complexes les abeilles avaient besoin de temps pour comprendre la consigne, même parfois jusqu'à une demi-journée.

De ce fait nous avons opté dans un 1er temps pour une expérience à seulement deux choix :



Micropipette permettant de déposer 90 µl d'eau pure devant le visage de Tatiana et 90 µl d'eau sucrée devant celui de Pablo



Abeille qui a trouvé l'eau sucrée devant le visage de Pablo

L'eau sucrée (support creusé sur un taquet en bois) est toujours associée au visage de la même personne. L'eau pure l'est à celui d'une autre personne (Pablo lors de cette expérience).

A chaque rotation de l'abeille (aller-retour à la ruche pour vider le jabot), les 2 cartes sont changées selon la règle suivante :

- eau sucrée : même personne, expressions et orientations différentes
- eau pure : personnes différentes, expressions et orientations différentes

Nous avons fait attention à suivre un protocole de changement de cartes défini en amont :

Exemple de protocole de changement de cartes

Solutions / Rotations	Carte associée à l'eau sucrée	Carte associée à l'eau pure
Rotation 1	Pablo profil droit neutre, à gauche	Tatiana face neutre, à droite
Rotation 2	Pablo de face neutre, à droite	Tatiana profil droit neutre, à gauche
Rotation 3	Pablo profil gauche neutre, à gauche	Tatiana face sourire, à droite
.....		
Rotation x	Pablo profil gauche sourire, à gauche	Mme Rivière profil droit sourire, à droite



Abeille devant faire un choix

Nous avons mesuré le temps à 3 moments clés :

- l'arrivée de l'abeille près de la table d'expérimentation
- la réussite de l'abeille (sucrée trouvée)
- le départ de l'abeille

Nous avons relevé son nombre d'erreurs : nombre de fois où une partie de son corps touche une goutte d'eau pure avant de prélever l'eau sucrée.

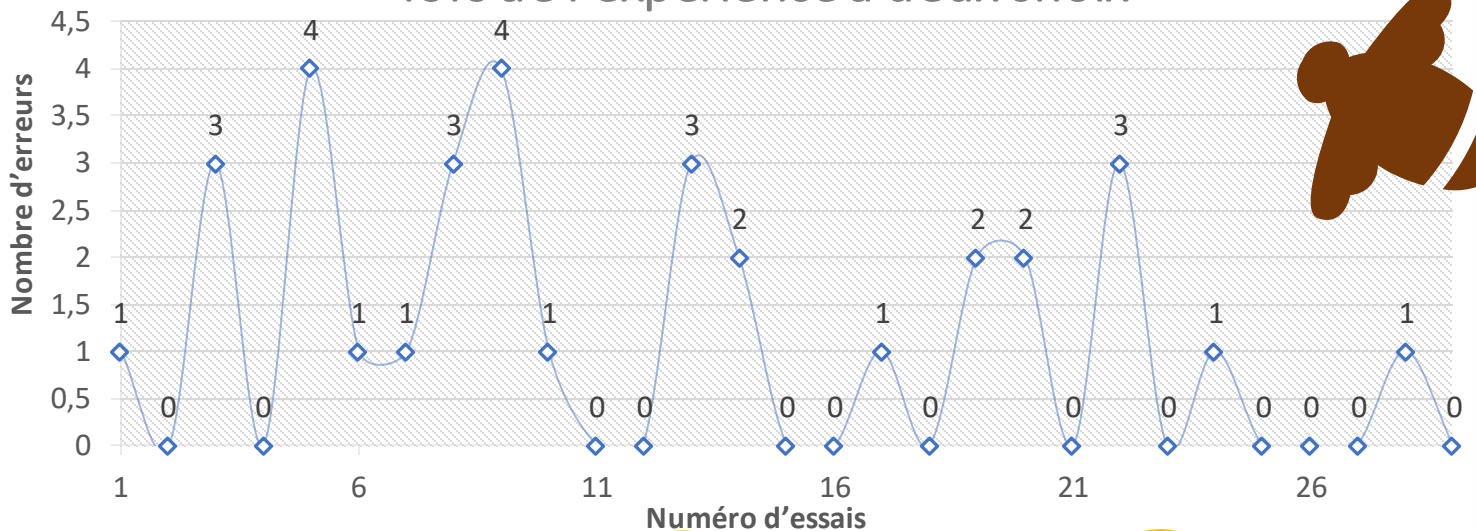
Résultats:

	Expérience à 2 visages				
essai	1	2	3	4	5
visage	Tatiana face	T : profil droit	T : face sourire	T : profil gauche	T : face sourire
sucré(Pablo)	profil droit	face	profil gauche	profil gauche sourire	profil droit
nombre d'erreur	1	0	3	0	4
temps(min)	00:03:09	00:07:00	00:11:06	00:15:00	00:20:30
position(pablo)	gauche	droite	gauche	gauche	droite
écart de temps	00:03:09	00:03:51	00:04:06	00:03:54	00:05:30
sourire pablo :	9	sourire avec réussite :	5	sourire avec aller :	4
sourire autre :	6	sourire sans réussite :	4	sourire sans aller :	2
		sourire :	15/58	sourire :	
				pas sourire :	

Expérience à 2 visages				
6	7	8	9	10
T : profil droit	T : profil droit	T : profil gauche	Rivière : face sourire	Desterbecq : profil gauche
profil gauche sourire	profil gauche	profil droit sourire	profil gauche	face
1	1	3	4	1
	00:25:54			00:38:22
gauche	gauche	droite	droite	gauche
total sourire gagnant :	9			
total sourire perdant :	6			
		1	2	3
		1	0	1
		0,666666667		

Expérience à 2 visages												
24	25	26	27	28	29							
D : face	D : profil gauche	D : face	D : face	R : profil gauche	D : face							
face	profil gauche	face	profil droit	profil gauche	face							
0	0	0	0	1	0							
gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite							
7	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
		0,666666667			0,666666667						0,33333	

Nombre d'erreurs d'une abeille en fonction de l'essai lors de l'expérience à deux choix



Exploitation

Après l'avoir conditionnée à revenir à notre table et que l'expérience a véritablement commencé en proposant les 2 visages, nous avons observé 2 grandes phases dans le comportement de l'abeille :

« **Phase de non compréhension de la situation** » : (dans les 2 vidéos eau sucrée à gauche devant Pablo)

Phase où l'abeille vole autour du panneau, des images, des taquets et des supports car elle sait qu'il y a de la nourriture mais elle hésite, elle cherche, elle ne se pose pas très vite et n'a visiblement pas compris qu'il y avait un choix à faire. Elle finit par effectuer un choix, elle se trompe, elle repart, revient sur la même image (mauvais choix) donc fait de nombreuses erreurs avant de finir par trouver la solution sucrée.

« **Phase de compréhension qu'il y a une ressource intéressante sur l'un des taquets** » :

Au bout de 5 rotations, l'abeille a changé de comportement sitôt qu'elle faisait un mauvais choix elle allait sans hésiter vers l'autre taquet goûter la solution du support (= eau sucrée, la récompense). Certaines fois elle allait directement sur l'eau sucrée :

Mais au bout du compte ses choix se sont avérés être totalement aléatoires car peu lui importait de perdre quelques petites secondes dans sa quête de nourriture puisqu'elle était assurée d'une récompense sur le taquet d'à côté. Elle n'a pas optimisé sa recherche car elle n'avait pas grand-chose à perdre en termes de temps et d'énergie.

Ce changement de comportement observé semble argumenté par le calcul des moyennes suivantes des temps écoulés pour un aller-retour. Ce temps écoulé correspond à la somme des durées suivantes :

- prélèvement de l'eau sucrée
- vol jusqu'à la ruche
- dépôt du « nectar »
- retour à la table d'expérimentation
- recherche et détection du nouvel emplacement de l'eau sucrée : c'est ce seul intervalle de temps qui a priori peut varier d'un aller-retour à l'autre et expliquer les variations du temps total.

Moyenne des durées des allers-retours de l'abeille sur 2 périodes lors de l'expérience à deux choix

sur les 5 premiers essais:		00:04:06
de l'essai 5 à l'essai 15:		00:03:16

La diminution du temps s'explique par une accélération de l'abeille dans le passage direct d'un taquet à l'autre observé lors de la 2ème partie de l'expérience.

Informés par notre référente scientifique Aurore Avarguès-Weber, que les scientifiques ont parfois recours à la punition des abeilles en utilisant de la quinine, nous avons espéré contrer le comportement de choix aléatoire de l'abeille, en faisant de même quand elle se trompe. Ainsi, au bout de 15 essais peu concluants, nous avons remplacé l'eau pure par de l'eau salée. En effet l'abeille n'aime pas l'eau trop salée. Nous voulions l'inciter, par cet effet répulsif, à observer les visages avant de faire son choix.

Cependant, l'eau salée n'a pas modifié le comportement de l'abeille qui ne cherchait pas plus à reconnaître les visages pour retrouver l'eau sucrée.

Nous en avons déduit que compte tenu de notre configuration avec des taquets assez rapprochés, le nombre de choix était trop petit. Le protocole de départ était trop simpliste. Nous avons sous-estimé les capacités des abeilles.

Donc cette expérience n'est pas concluante par rapport à notre problématique.

Bilan et poursuite des investigations :

Nos observations sur l'expérience nous ont donc conduits à modifier le protocole :

E) Deuxième expérience multi choix / Automne

Protocole :

Nous avons compris qu'il fallait dorénavant complexifier le défi : proposer à l'abeille beaucoup plus de choix :

- Pas de changement pour l'eau sucrée : associée à un seul visage aux expressions et orientations changeantes
- Par contre pour l'eau pure, nous avons proposé à l'abeille, cette fois simultanément, les visages de plusieurs personnes différentes, expressions et orientations variables.

Même système de protocole de changement de cartes pour cette expérience multi choix que pour la précédente.



Nous avons fait attention à suivre un protocole de changement de cartes défini en amont :

Exemple de protocole de changement de cartes

Solutions	Carte associée à l'eau sucrée	Carte associée à l'eau pure
Rotations		
Rotation 1	Emma de face neutre (taquet 8) Emma de face sourire (taquet 7)	Mme Rivière de profil gauche sourire (taquet 10) Mme Rivière de face sourire (taquet 9)
Rotation 2	Emma de face neutre (taquet 9) Emma de face sourire (taquet 7)	Mme Rivière de profil gauche sourire (taquet 10) Mme Rivière de face sourire (taquet 8)
.....		
Rotation 11	Emma profil droit neutre (taquet 8)	Mme Rivière de face sourire (taquet 2) Mme Desterbecq de face sourire (taquet 7) Mme Rivière de face neutre (taquet 1) Mme Desterbecq de face neutre (taquet 4)
.....		
Rotation 11	Emma profil droit sourire (taquet 5)	Mme Rivière de profil gauche neutre (taquet 10) Tatiana de profil gauche neutre (taquet 9) Pablo de profil gauche sourire (taquet 7) Pablo de profil droit neutre (taquet 6)

Comme précédemment nous avons relevé les mêmes indicateurs de temps et le nombre d'erreurs.

Résultats:

Expérience à plusieurs visages				Table n°2	punition à l'essai : 8	
	format : hh:mm:ss	format : hh:mm:ss	format : hh:mm:ss	format : hh:mm:ss	format : hh:mm:ss	
essai	temps arrivé	temps réussite	temps départ	Δtemps recherche	Δtemps Pompage	erreur
1	00:09:45	00:10:33	00:12:03	00:00:48	00:01:30	3
2	00:13:12	00:13:21	00:14:37	00:00:09	00:01:16	0
3	00:15:53	00:16:07	00:17:28	00:00:14	00:01:21	2
4	00:18:53	00:19:01	00:20:21	00:00:08	00:01:20	0
5	00:22:00	00:22:10	00:23:21	00:00:10	00:01:11	0
6	00:24:49	00:26:30	00:28:03	00:01:41	00:01:33	6
7	00:30:15	00:30:36	00:32:17	00:00:21	00:01:41	3
8	00:37:06	00:37:28	00:39:04	00:00:22	00:01:36	1
9	00:41:04	00:41:07	00:42:08	00:00:03	00:01:01	0
10	00:44:14	00:44:23	00:45:39	00:00:09	00:01:16	2
11	00:47:55	00:48:12	00:49:47	00:00:17	00:01:35	2
12	00:51:51	00:53:13	00:54:28	00:01:22	00:01:15	4
14	00:01:11	00:01:28	00:02:24	00:00:17	00:00:56	2
15	01:03:25	01:03:48	01:05:25	00:00:23	00:01:37	2
16	00:03:52	00:04:02	00:05:13	00:01:15	00:01:11	0
17	00:07:51	00:08:08	00:08:40	00:00:17	00:00:32	0
18	00:12:22	00:12:33	00:13:39	00:00:11	00:01:06	0
19	00:15:09	00:15:40	00:19:08	00:00:31	00:03:28	3
20	00:19:03	00:19:09	00:20:24	00:00:06	00:01:15	0
21	00:23:17	00:24:18	00:26:06	00:01:01	00:01:48	4
22	00:28:52	00:30:17	00:31:55	00:01:25	00:01:38	2
23	00:00:00	00:00:06	00:01:30	00:00:06	00:01:24	0
24	00:03:45	00:04:20	00:05:49	00:00:35	00:01:29	0
25	00:08:05	00:08:28	00:09:50	00:00:23	00:01:22	0
26	00:13:20	00:13:23	00:14:46	00:00:03	00:01:23	0
28	null	null	null	#VALUE!	#VALUE!	0
29	null	null	null	#VALUE!	#VALUE!	0
30	null	null	null	#VALUE!	#VALUE!	0

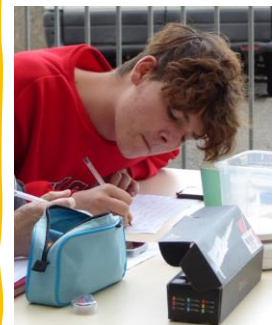
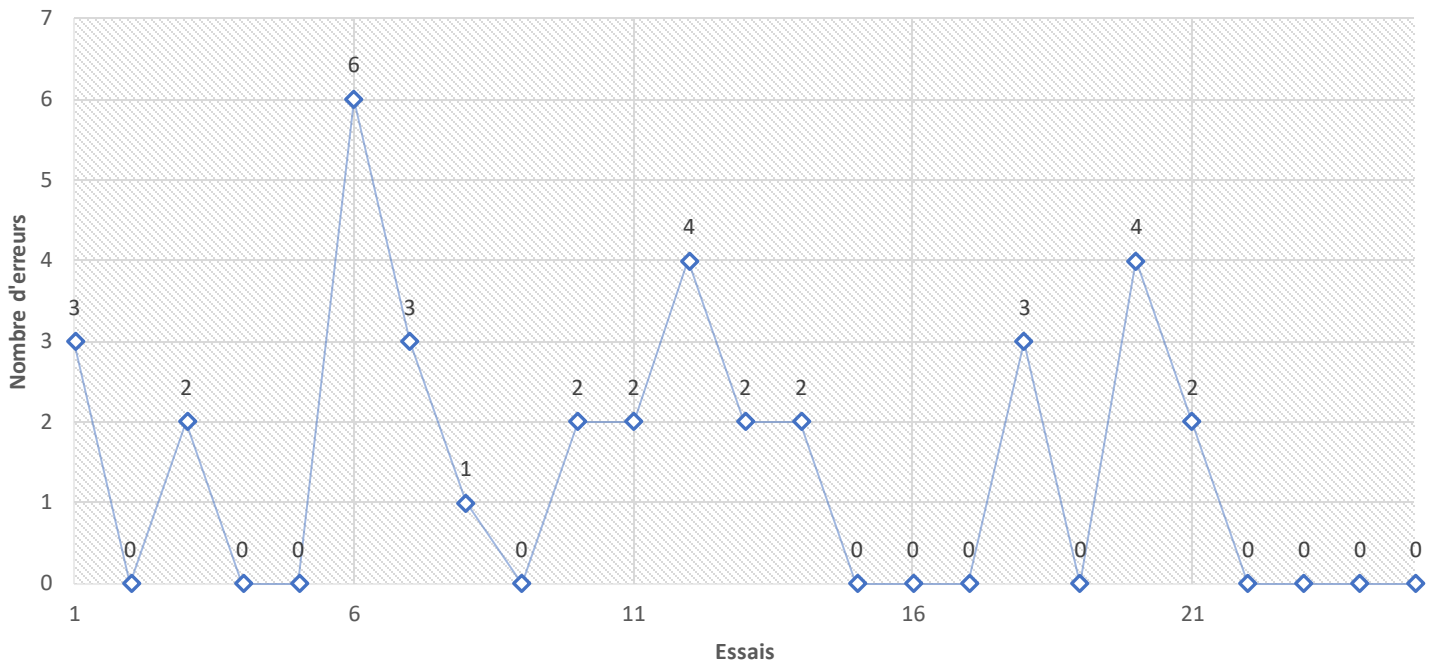


Tableau des valeurs utiles pour tracer les graphiques

Nombre d'erreurs de l'abeille en fonction du numéro de l'essai dans l'expérience multi-choix



Exploitation:

Là encore l'abeille a eu plusieurs phases différentes de comportement qui sont similaires à celles déjà observées lors de l'expérience à 2 choix:

« phase de non compréhension de la situation » :

Lors des dix premiers aller-retours, l'abeille avait le même comportement que lors de la phase initiale à deux choix. Elle vole elle hésite, elle repart, elle goûte elle sait qu'il y a de la nourriture dans la zone mais n'a visiblement pas compris qu'il y avait un choix à faire.

Parfois elle faisait beaucoup d'erreurs et parfois très peu et ce de façon très irrégulière. Elle finissait par trouver la ressource. *(sur la vidéo, eau sucrée associée à Emma taquet du haut à droite)*

Là encore l'abeille a eu plusieurs phases différentes de comportement qui sont similaires à celles déjà observées lors de l'expérience à 2 choix:

« Phase de semi-compréhension » = phase de compréhension qu'il y a une ressource intéressante sur l'un des taquets : *(sur la vidéo, eau sucrée associée à Emma taquet du haut)*

Après les 10 premiers allers retours elle a compris qu'un des supports contenait de l'eau sucrée mais sans faire la relation avec le visage en particulier à reconnaître (Emma): elle passait rapidement d'un support à l'autre à la recherche du sucre.

Phase de « compréhension de la consigne » = association d'un visage à l'eau sucrée :

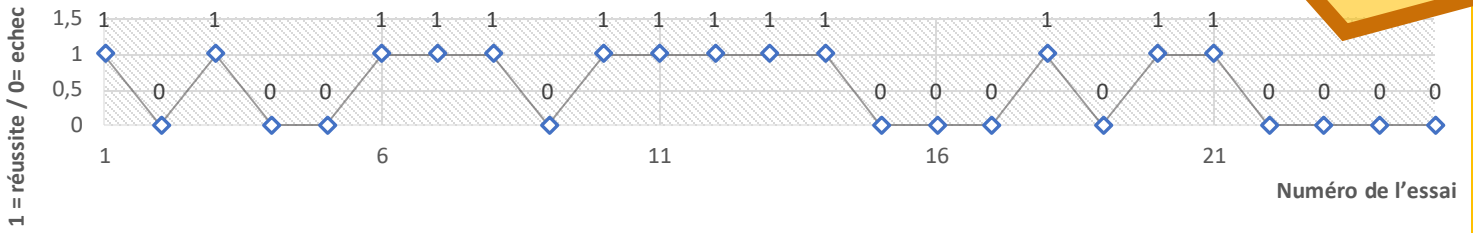
Après 24 rotations elle a fini par ne plus faire d'erreurs quatre fois de suite bien que nous ayons changé les visages (personnes et profils différents) et modifié leurs emplacements: à son retour de la ruche, elle revenait directement sur le visage d'Emma. *(sur la vidéo, eau sucrée associée à Emma taquet du haut)*

Lors de l'analyse des résultats, on a cependant constaté que l'abeille faisait rarement une seule erreur: soit 0 soit 3 ou 4...

Devant les résultats irréguliers, on a cherché à vérifier si une tendance se dégagait malgré tout dans leur évolution. Pour cela on a construit un graphique relevant le fait de faire au moins une erreur ou pas d'erreur (sans tenir compte du nombre précis d'erreurs).

Dans le graphique qui suit, on affecte la valeur 0 à l'essai lorsque l'abeille ne fait pas d'erreur et la valeur 1 lorsqu'elle fait au moins une erreur :

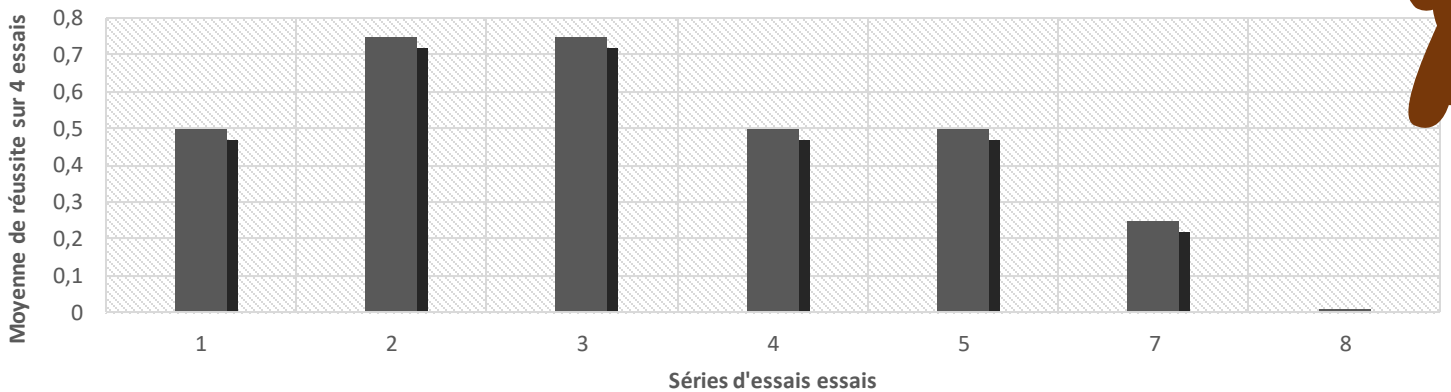
Codage binaire des erreurs de l'abeille



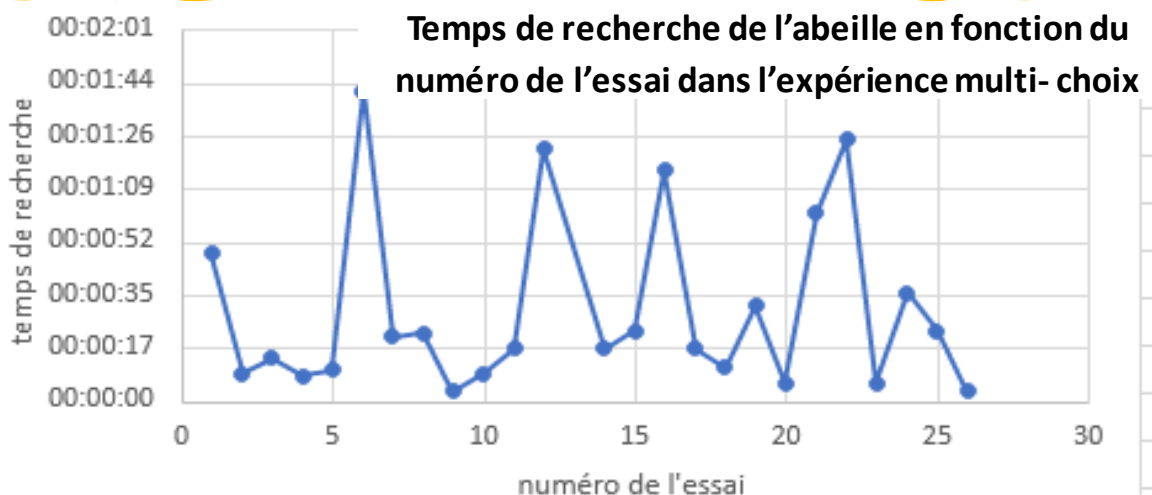
Aucune conclusion sur la performance de l'abeille n'a pu en être tirée. Si ce n'est que l'abeille semblait obtenir plus de scores à 0 fautes sur la fin de journée qu'au début.

D'où l'idée de réaliser des moyennes mobiles arithmétiques d'ordre 2, 3, 4: on a fait la moyenne des deux premiers essais puis des deux suivants etc jusqu'à la fin de la liste puis on a fait pareil avec trois essais puis avec 4 essais. Sur le graphique pour une moyenne mobile sur 4 essais, on constate que les moyennes mobiles des erreurs diminuent (la 1ère moyenne reflète cependant la première phase de non compréhension de la situation). Le graphique ci-dessous montre que la suite des moyennes obtenues tend vers zéro. Nous pouvons donc en conclure que, pour l'abeille testée, la tendance est à la réussite.

moyenne mobile arithmétique de réussite sur 4 essais en fonction des séries d'essais



Nous avons aussi voulu évaluer si l'abeille améliorerait sa performance liée à sa rapidité pour retrouver la solution sucrée. Pour cela, nous avons tracé un graphique donnant le temps écoulé avant la réussite en fonction du nombre d'essais.



Nous n'avons constaté aucune courbe de tendance significative. Davantage d'essais l'auraient peut-être permis.

Le test ultime de vérification :

Pour le dernier test, nous avons mis de côté une photo d'Emma qu'on ne lui avait encore jamais présentée.

Pour cette dernière série toutes les photos étaient associées à de l'eau pure. Cette ultime proposition permet de vérifier si l'abeille utilise un biais qui nous aurait échappé pour identifier la goutte d'eau sucrée.

L'abeille cobaye a tourné et semblait observer chaque photo avant de finir par se poser sur le support associé au visage d'Emma, sans erreur ! Ce comportement a été un peu hésitant malgré tout, ce qui nous laisse encore un doute quant à la conclusion de nos investigations.



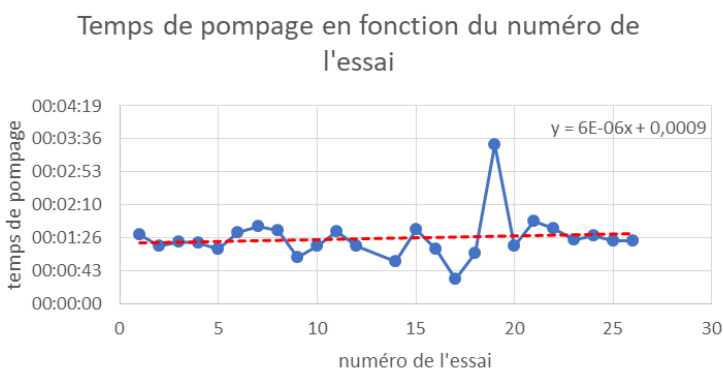
Réponse à notre problématique à partir des expériences de l'automne :

Compte tenu des changements de comportement de l'abeille, de l'amélioration de ses scores (nombre d'erreurs/ temps de recherche) et du résultat du dernier choix proposé, nous pouvons, pour cette abeille, conclure qu'elle arrive à reconnaître les visages, en plus derrière une voilette de combinaison d'apiculteur, mais après de très nombreux essais.

Nous pensons en effet avoir écarté tous les biais possibles qu'elle aurait pu utiliser.

Remarque :

Dans cette expérience, grâce aux données relevées, on a calculé le temps du remplissage du jabot de l'abeille à chaque essai et tracé le graphique suivant :



Si on ne tient pas compte du 19^{ème} aller-retour, ce temps est relativement constant

F) Expériences Multichoix/ printemps

Aux mois d'avril et mai, quand les abeilles butineuses ont repris leur activité, nous avons pu retenter nos expériences deux fois, sur 2 nouvelles cobayes. Nous voulions vérifier et renforcer notre conclusion précédente.

2^{ème} abeille le vendredi 29 avril durant nos vacances.

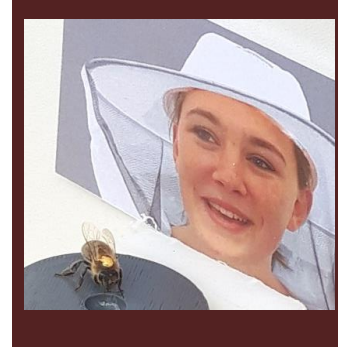
Nous avons commencé par reconstruire un nouveau panneau car le premier manquait de solidité. Ce nouveau panneau contient 13 supports (1 de plus) pour faire varier les positions des cartes et taquets. Nous avons aussi fait le choix de changer de visage associé à la récompense pour être sûr de n'être pas « tombés » sur un biais particulier avec les cartes du 1^{er} visage choisi la première fois (Emma). Lors de cette expérimentation de printemps, l'eau sucrée était associée au visage de Tatiana.

Nous avons proposé une expérience « multichoix » mais à 8 visages au lieu de 5 comme en fin d'expérience à l'automne. Nous voulions davantage obliger notre abeille à scruter les visages pour optimiser sa récolte plutôt que de choisir au hasard en passant simplement de support en support à chaque erreur, jusqu'à trouver l'eau sucrée.

Cette 1ère journée de nouvelle expérimentation fut compliquée. Ce n'est que 5 heures après avoir commencé, vers 16h30, qu'enfin une butineuse est revenue d'elle-même plusieurs fois à notre table. Aurore Avarguès Weber, notre référente scientifique nous avait bien précisé qu'il est plus facile d'expérimenter à l'automne car les abeilles ont moins de ressources à disposition qu'au printemps. Il est donc plus difficile de détourner les abeilles des nombreuses fleurs saisonnières pour les attirer à notre table. Le temps qui nous restait pour expérimenter était très court.

Nous avons pu constater que l'abeille avait le même comportement que la cobaye de l'automne : une phase 1 de « non-compréhension » de la présence d'un taquet avec eau sucrée et encore moins de l'association de la récompense à un visage donné. Puis une phase 2 de « semi-compréhension » que l'un des taquets au moins porte une récompense. Elle a eu le comportement typique de cette seconde phase durant 12 essais. La soirée étant avancée, il a fallu arrêter l'expérience avant qu'elle n'atteigne la phase 3 telle que nous l'avons définie à l'automne : découverte de l'eau sucrée par reconnaissance du visage associé.

Nous avons voulu recommencer nos tests la semaine suivante



3ème abeille le vendredi 29 avril durant nos vacances.

Nous avons réitéré notre expérience avec 8 visages et le sucre associé au visage de Tatiana avec une nouvelle butineuse cobaye.

En 3 aller-retours elle a réussi la phase 1 ce qui nous a conforté dans le choix de cette abeille recrutée pour poursuivre l'expérimentation et dans la mise à l'écart d'une autre de ses congénères que l'on avait aussi assez rapidement recrutée mais qui a été plus lente à découvrir les supports du panneau.

Voici le tableau des rotations des positions des cartes mises en œuvre.

T= visage de Tatiana associé à l'eau sucrée (rouge)

Les autres lettres correspondant au visage des autres membres de l'atelier (bleu).

Dans ce protocole, nous avons choisi de proposer lors des 7 1ères rotations plusieurs supports avec le visage cible associé à l'eau sucrée, en retirant un de ces visages cible à la rotation suivante :

7 Tatiana (eau sucrée) + 1 autre associé à l'eau

6 Tatiana (eau sucrée) + 2 autres associés à l'eau

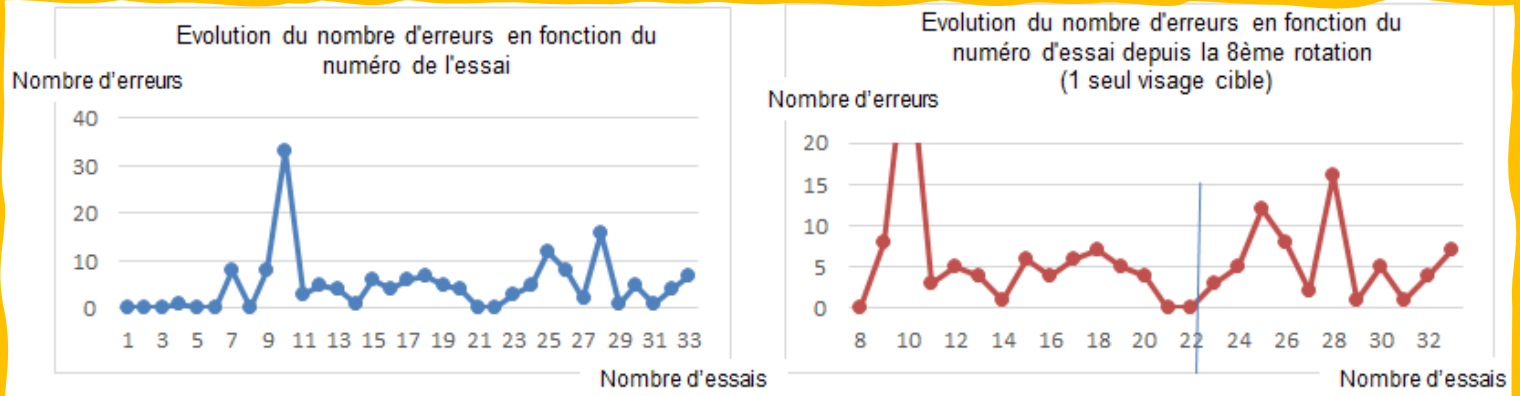
5 Tatiana + 3

A partir de la 8ème rotation et pour toutes les autres ensuite, il n'y avait à chaque fois qu'un seul visage cible associé à la solution sucrée et 7 autres tous différents, correspondants aux membres de l'atelier.

Rotation 1		T8	T2		T5		T4	T1		T6		T4	T7
Rotation 1bis		T8	T2		T5		T4	T1		T7		T4	T7
Rotation 2	T1	M5	T5	T4	T6	T8	T2	T2		T7		P2	
Rotation 3		T2	M5	T1		R6		T5			T2	T4	T6
Rotation 4	T2	T1		Eo7	T5	T6	A2	T4	P4				
Rotation 5		B5	B3	T1	Em5	A6	T2	M4	T5	T4	D4		
Rotation 6		B5		M1		A6		T5	D5	P6		T8	T6
Rotation 7		T7	Eo6		A1		B4		T5	D5	P6	T8	T6
Rotation 8	D2	Eo1		B2		A4		P7	R1	T8		Em3	
Rotation 9	M1		P4		Eo3		D6		T1	R2	B7		Em
Rotation 10		Em8	M2	B5	T2	R6		D2	A6			P3	
Rotation 11	R7		A5	Em8		B2	M4		T4		D4		Eo5
Rotation 12		P1		M2		T7	R6	Eo4		D2		A1	Em
Rotation 13	A2	T5	Eo7		B1	M5	D1		Em4		P6		A4
Rotation 14	P1		Em3		Eo3		T4	M4		B6	D5		A4
Rotation 15	P3		A5	B3		Em4	Eo7	T2	R7			M1	
Rotation 16	B4	T1	D4		Em5	M2			Eo6	P4	R2		
Rotation 17	A2		T6	P5	R2	M5		Eo2	D2			B6	
Rotation 18	P2	Eo5		B1		A6	D3	T5	Em5	M6			
Rotation 19	M1	B7	D1	Em1		R6	A2	P3					T8
Rotation 20	T7					A3	P6	Em4	D4	R5	Eo1	M4	
Rotation 21		Eo3	B2	D3	T4		Em2	P1	R1	A1			
Rotation 22						M1	B7	Eo5	D6	R4	P6	T6	A5
Rotation 23					B1	D5	Em8	A4	T1	R7	Eo7	M4	
Rotation 24	R5	T5	Eo4	M2		P2	Em3	D1	B5				
Rotation 25	Eo5	R2			P4		Em6		M6	B7	T2	A3	
Rotation 26		Eo1		T8	B4		M1	A1	M6	D4	P7	Em8	
Rotation 27	D1		B3		B3		M4	A5	P1	T7			Em5
Rotation 28	A6	T4	M6			P2		Eo6	R1	Em3	D6		
Rotation 29	D3		Em4			P3	T6	A4		R6		Eo5	B5
Rotation 30	P7	Em2		M2	P6		D2	R4		Eo2		T5	
Rotation 31	Em6		A1		Eo4	T1		R2		D6	B3		M
Rotation 32	T8	D4	R1	Eo1	B1		M6	A2				P1	
Rotation 33	Eo2	T6	D4	B2	D5			R2		M5	Em8		
Rotation 34		Em5		M4		R7		T2	P7	Eo5	A6	B6	
Rotation 35	A2	R7			T4	Em1		Eo4	D1	B3		M2	
Rotation 36	D1	B3	T3	A5		R3	M4		Em5		P1		
Rotation 37		A2				R3		R4		B5	T3	Em7	Eo7

Pour cette 3ème expérimentation, nous avons dû stopper en fin d'après-midi après 33 essais, mais avant la fin du protocole prévu car notre abeille n'est plus revenue. Nous nous sommes demandé si notre cobaye n'avait pas terminé sa vie dans le bec d'un oiseau. En effet les autres conditions n'étaient pas encore défavorables au point de stopper le travail des butineuses (température encore supérieure à 15°C, luminosité suffisante.... (Dans nos ruches voisines nous pouvions encore constater le va et vient de butineuses). Nous avons aussi pensé à une trop grande fatigue de notre abeille. En effet d'après nos connaissances, une abeille effectue parfois seulement une dizaine de vols dans la journée. Elle en a effectué 33.

Nous avons tracé plusieurs graphiques équivalents à ceux de l'automne. Nombre d'erreurs en fonction du numéro de l'essai notamment.



Sur ce graphique nous constatons que la tendance jusqu'au 22ème essai est globalement une amélioration des performances de l'abeille quant au nombre d'erreurs :

A la 10ème rotation, elle a fait étonnamment un grand nombre d'erreurs (33), ce que nous n'expliquons pas de façon certaine. Nous avons supposé qu'étant en tout début d'expérimentation, en phase 2, il était normal qu'elle se trompe n'ayant pas du tout intégré l'exercice. En exploitant le graphique on note en excluant le 10ème essai, un écart type assez faible entre le 8ème essai et le 22ème avec une tendance à l'amélioration de l'abeille des essais 18 à 22.

Ensuite elle entame une phase où cette performance devient très fluctuante du 23ème au 33ème essai où l'écart type devient bien plus important que précédemment. Nous formulons donc l'hypothèse que cette dispersion est due au vent qui s'était levé. [Vidéo vent](#) il a vraisemblablement contribué à l'épuisement de notre cobaye qui en plus avait déjà beaucoup travaillé avec ses 33 rotations et surtout le long chemin qu'elle avait à parcourir ! En effet en observant le départ de notre cobaye nous avons compris qu'elle n'appartenait pas à notre rucher et ne parcourait pas seulement 15 m pour déposer son précieux « nectar ». Nous avons estimé la distance qu'elle parcourait à chaque aller-retour :

Nos mesures ont montré un temps de pompage moyen de 1min35. On peut admettre approximativement que le temps de dépôt dans une alvéole à la ruche est constant. En tenant compte de la vitesse de déplacement d'une abeille (6,5 m/s quand elle est chargée et 7,5 m/s quand elle a le jabot vide, considérant donc un déplacement à une vitesse moyenne de 7 m/s) et en utilisant le temps moyen pour un aller-retour et dépôt de 7min 38, soit un temps de vol de $7\text{min}38 - 1\text{min}35 = 6,03\text{min} = 363\text{s}$; nous avons calculé qu'elle parcourait $363 \times 7 = 2541\text{m}$ aller-retour soit 1270,5m ou 1,270 km pour un aller. Cette abeille n'appartenait pas à notre rucher et a donc parcouru $2,541 \times 33 = 83,853\text{km}$ durant notre expérience (5h22) sans compter son travail de butineuse avant de commencer avec nous.

A noter qu'à la 33ème rotation (dernière effectuée), notre abeille a reçu sur elle la carte qui la surplombait à cause d'une rafale de vent. Elle n'est plus revenue ensuite. Ce coup a peut-être été moins anodin qu'il n'y paraît.....

Cependant, lors de la 2ème partie de l'expérience nous avons retrouvé une observation déjà faite à l'automne: l'abeille fait des erreurs, prend du recul et en se rapprochant la seconde fois, elle se dirige directement vers le visage cible associé à l'eau sucrée. [Vidéo « recul » \(essai 23\)](#)

Comme si, étant arrivée trop près d'un mauvais visage, elle n'est plus en capacité de reconnaître le bon visage.

Conclusion des expériences du printemps :

Nos résultats sont une fois de plus encourageants et révèlent la capacité des abeilles à progresser dans l'analyse de la situation proposée et dans l'observation des cartes de visages associés aux solutions proposées. [Exemple rotation 22](#). La vidéo montre clairement que l'abeille scrute les visages

Cependant, les résultats sont moins probants que lors de l'expérience de l'automne.

nous avons formulé 2 hypothèses afin d'expliquer ces résultats

La dispersion des résultats observée à partir de l'essai 22, au moment où le vent s'est levé peut révéler un facteur météorologique qui a pu perturber notre sujet.

IV) Conclusion du travail, critique de l'expérience et perspectives

Contraintes :

Étant très impliqués dans notre projet et enthousiasmés par nos expériences, à l'automne, nous avons travaillé avec nos abeilles sur quelques demi-journées (mercredi après-midi ou/et vendredi après-midi) ou quelques journées choisies forcément pendant les vacances. De nombreuses séances ont été consacrées à la réflexion, l'organisation et la création des supports divers nécessaires. Mais les expérimentations étant tributaires de la météo, nous n'avons donc pas pu les multiplier à loisirs. Nous avons passé l'hiver à exploiter nos résultats et nous avons dû attendre fin avril pour réitérer les expériences.



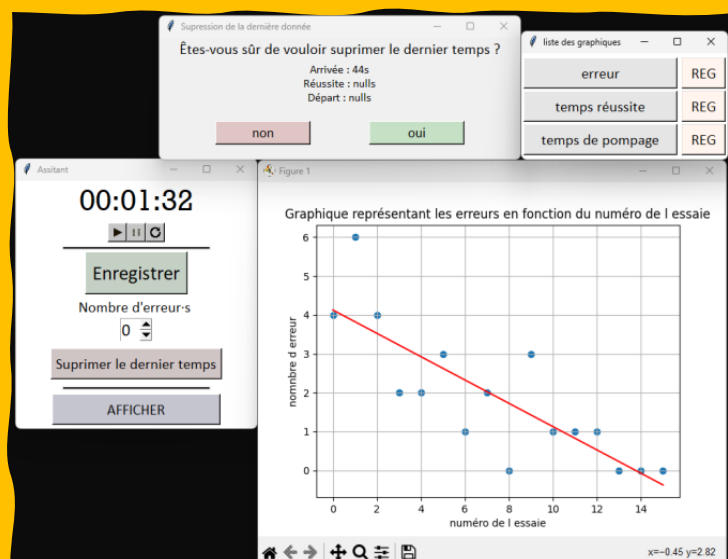
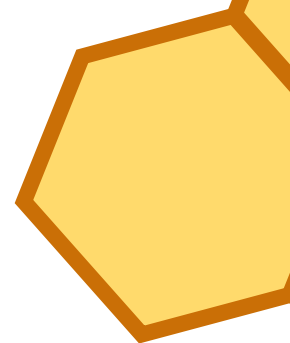
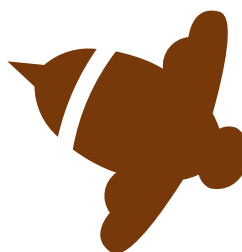
Diversité des portraits proposés :

Les jours de travail étant comptés et la mise au point des photos ayant entraîné de nombreuses contraintes (pour anticiper les possibles biais utilisés par l'abeille le long de nos expériences), nous n'avons pas eu le temps de finaliser les cartes de tous les portraits prévus pour l'automne (retouches/mise en planche/impression...) et ainsi augmenter la diversité des cartes de visages d'apiculteurs différents à proposer aux abeilles. Sinon nous n'aurions pas pu expérimenter avant l'arrivée des « mauvais jours » arrivés trop vite.

Pendant nous avons pu finir de les préparer pour les expérimentations du printemps.

Difficultés rencontrées lors des observations et du relevé des résultats :

Enfin, tout au long de nos expériences, nous avons remarqué la difficulté de prendre des notes en temps réel, ce qui nécessitait un grand nombre de personnes autour de la table d'expérimentation et de bien définir les rôles de chacun. Or trop d'expérimentateurs peut fausser les résultats de l'expérience : soit en perturbant la zone de travail et donc le comportement des abeilles, soit en augmentant les interférences dans la prise des notes (décalage entre l'annonce d'un temps et sa prise en note). Ainsi, pendant l'hiver, où nous ne pouvons pas travailler avec nos abeilles qui hibernent, nous nous sommes mis au développement d'un programme informatique qui permettrait de prendre en note les temps et d'analyser les résultats automatiquement. Nous avons donc créé un chronomètre qui peut enregistrer séparément les temps d'arrivée, de réussite, et de départ de l'abeille. Nous avons aussi conçu une interface utilisateur pour interagir avec efficacité avec le programme. Il a pu être utilisé en situation au printemps et a donné entière satisfaction.



Fiabilité des résultats :

Nous savons que la fiabilité des résultats dépend notamment du nombre d'abeilles testées. Avec une seule abeille utilisée comme cobaye à l'automne, nous étions loin de la reproductibilité des résultats pour tirer des conclusions fermes. Les résultats statistiques dépendent de ce nombre d'abeilles. Pour remédier à cela, nous envisageons :

- de recommencer l'expérience au printemps avec de nouvelles butineuses cobayes. 2 nouvelles abeilles testées à ce jour. Il faudra réitérer encore. Cela nous permettrait aussi de nous affranchir du problème de l'environnement changeant qui peut perturber nos résultats.
- de donner la possibilité à ce projet de se prolonger sur les années futures avec de nouvelles générations de lycéens, dans le but d'obtenir une base de données conséquente.

La fiabilité des résultats dépend aussi de la qualité des observations : nous avons mesuré la difficulté à observer l'abeille et à repérer finement son comportement quand elle s'approche des gouttes de solution: est ce qu'elle goûte, est ce qu'elle trempe une antenne, pose une patte.... Y a-t-il erreur ou pas ? Les vidéos prises avec le matériel personnel des membres du groupe ont permis d'affiner les relevés.

Enfin, nous avons modifié la qualité du panneau en nous appuyant sur les acteurs de la plateforme technologique de notre lycée (plus de taquets, plus de supports, homogénéisation de la couleur des taquets et du fond du panneau).

Perspectives :

En bilan, pour cette fin d'année, nous envisageons donc de réitérer les expériences le reste de l'année scolaire tant que la météo le permettra, ce qui augmentera le nombre d'abeilles testées, afin d'étoffer nos résultats et de consolider nos conclusions.

En termes d'amélioration du protocole, nous avons trois idées:

- Compte tenu des observations de printemps, nous pensons qu'aux prochaines expérimentations, il faudra sélectionner une abeille venant de notre rucher situé à 15m de la table: cela permettrait d'augmenter le nombre de rotations et d'atteindre la phase 3 pour toutes les abeilles. Cela diminuerait la fatigue et les aléas que pourrait rencontrer notre cobaye (oiseau...)
- Nous pensons qu'à l'issue de la dernière proposition (eau pure partout, y compris devant le visage associé au sucre tout au long de l'expérience), nous pourrions aussi tenter de piéger l'abeille en intervertissant 2 supports (eau pure/eau sucrée), comme nous l'avons fait lors de l'expérience sur le dénombrement, afin d'être sûrs que c'est bien le visage qui est reconnu et non directement le sucre, par un biais insoupçonné. Si l'abeille allait directement au nouveau visage associé, cela contredirait nos conclusions. Cela signifierait que ses progrès apparents (moins d'erreurs et gain en rapidité) sont liés à la mise en place d'un autre moyen que la reconnaissance d'un visage pour reconnaître le sucre malgré toutes les précautions prises.
- Enfin, nous pensons améliorer les performances de nos abeilles en modifiant la punition: remplacer l'eau salée par une substance que l'abeille déteste encore plus pour son amertume: la quinine.

Il serait également intéressant de comparer les techniques d'apprentissage par renforcement que nous utilisons avec nos abeilles avec celles déjà utilisées pour « nourrir » les Intelligences artificielles de façon à déterminer si ces dernières pourraient être rendues plus efficaces.



Apport du projet:

En réalisant ce projet, nous avons été impressionnés ; notamment en réalisant ce qu'on arrive à faire faire à nos abeilles : il était incroyable de constater qu'on arrive à les faire revenir à notre table, incroyable de les voir aller de taquet en taquet alors qu'ils n'ont rien de naturel. Incroyable de constater une évolution de leur comportement, d'avoir la preuve de leurs capacités, de voir après traitement des données relevées que notre hypothèse se confirmait....même si nous devons renouveler les expériences pour être surs.

Ce qui a été intéressant c'est de devoir adapter les protocoles au fur et à mesure des découvertes, des échecs, des déductions.....et de trouver des solutions aux problèmes rencontrés.

Travailler ensemble a été productif. Chacun a beaucoup appris en collaborant : il a fallu partager les tâches, écouter les autres, argumenter des propositions, trancher, faire des concessions, s'organiser.

On s'est montré des astuces, on a dû progresser dans des domaines que l'on ne connaissait pas toujours bien : programmation, réalisation de vidéos (prises de vue, montage, son, retouche d'images...). On a dû faire des efforts à l'oral, essayer d'avoir un discours clair, concis, efficace pour les vidéos.

Il a fallu être patients.



Remerciements:

Nous remercions les **organiseurs du concours CGénial** de le faire exister.

Nous remercions chaleureusement **Aurore Avarguès-Weber**, Docteur en éthologie cognitive au Centre de Recherches sur la Cognition Animale du CNRS de Toulouse, Université Paul Sabatier, notre référente scientifique qui nous a guidé tout au long de nos investigations.

Nous remercions également nos professeurs **Corinne Desterbecq** et **Francine Rivière** qui nous ont permis de mener à bien ce projet.

Nous remercions **Olivier Gazagne**, **Thierry Salvy**, professeurs pour l'aide précieuse apportée lors de la réalisation technique des supports et cartes, ainsi que **Jean Marc Riols**, Chef des travaux, **Patrick Salesses** et **Fabienne Hulin**, agents techniques pour la création du nouveau panneau.

Merci à **Emma Besche**, professeur pour sa participation active à l'expérience de la reconnaissance des visages à deux choix.

Nous remercions **Anne-Marie Mellier** Provisseure et **Sandrine Souyris**, Provisseure adjointe du lycée **Monteil de Rodez**, pour leur soutien à l'atelier.

Merci à **Stéphanie Thouron** gestionnaire du lycée Monteil et **Sandra Britten** Gestionnaire adjointe pour leur gestion des aspects financiers du projet.

Grand merci à **nos abeilles** pour leur collaboration!