

Apprentissage incident des associations simples de stimulus-réponse : revue de la recherche avec la tâche d'apprentissage de contingences couleur-mot

James R. Schmidt^{*1}

¹ LEAD-CNRS UMR 5022, Université Bourgogne Franche-Comté (UBFC), Dijon,
France

RÉSUMÉ

Dans cet article, je passe en revue la littérature sur l'apprentissage incident des régularités simples de stimulus-réponse. L'article résume les travaux utilisant le paradigme d'apprentissage de contingence couleur-mot et les procédures connexes. Dans ce paradigme, un mot neutre coloré est présenté aux participants à chaque essai et ces derniers sont invités à ignorer le mot et à répondre à la couleur d'impression. Chaque mot distracteur est présenté le plus souvent dans une couleur cible (p. ex., « bouge » le plus souvent en bleu, etc.). L'apprentissage de ces contingences est indiqué par des réponses plus rapides et plus précises aux essais de forte contingence (dans lesquels le mot est présenté fréquemment avec sa couleur) par rapport aux essais de faible contingence. Cette procédure s'est avérée utile pour les recherches portant sur l'apprentissage incident. Le présent manuscrit résume le travail existant avec cette procédure d'apprentissage et celles connexes, et met en évidence les orientations émergentes.

Mots-clés : apprentissage de contingences ; apprentissage incident ; conscience ; compétition entre indices ; conditionnement.

* Ce travail a été soutenu par le programme « Investissements d'Avenir », projet ISITE-BFC (contrat ANR15-IDEX-0003) de James R. Schmidt. Des éléments de ce manuscrit sont dérivés de la thèse d'habilitation à diriger des recherches (HDR) de l'auteur. Je tiens à remercier Christelle Pêcher pour son aide dans la

Incidental Learning of Simple Stimulus-Response Associations: A Review of Colour-Word Contingency Learning Research

ABSTRACT

In this article, I review research on incidental learning of simple stimulus-response regularities. The article summarizes work with the colour-word contingency learning paradigm and related simple learning procedures. In the colour-word contingency learning paradigm participants are presented with a coloured neutral word on each trial and are asked to ignore the word and respond to the print colour (e.g., similar to a Stroop procedure). Distracting words are typically colour-unrelated neutral stimuli. However, each distracting word is presented most often in one target colour (e.g., “move” most often in blue, “sent” most often in green, etc.). Learning of these contingencies is indicated by faster and more accurate responses to high contingency trials (in which the word is presented with its frequent colour) relative to low contingency trials. This procedure has proven useful for investigations in incidental learning. The present manuscript summarizes the existing work with this (and related) learning procedures and highlights emerging directions.

Keywords: contingency learning; incidental learning; awareness; cue competition; conditioning.

INTRODUCTION

Un principe général de l'apprentissage statistique humain est que nous sommes sensibles aux régularités qui nous entourent (Brent & Cartwright, 1996). Chez les adultes (Saffran, Newport, & Aslin, 1996) et les nourrissons (Saffran, Aslin, & Newport, 1996), par exemple, quelques minutes d'écoute suffisent pour détecter les frontières entre les pseudo-mots qui suivent les règles d'une grammaire artificielle. Nous sommes bien équipés pour détecter, pas toujours consciemment, des régularités informatives, généralement très rapidement. Ces régularités nous permettent de maximiser les performances, de répondre plus rapidement et plus précisément aux événements qui sont cohérents avec une régularité apprise par rapport aux événements qui sont imprévisibles ou incompatibles avec la régularité (Perruchet, 2019 ; Perruchet & Pacton, 2006 ; Thiessen, Kronstein, & Hufnagle, 2013).

Il existe de nombreuses approches différentes pour étudier la façon dont les participants apprennent les régularités dans leur environnement. En plus des procédures explicites d'apprentissage et de prise de décision

rédaction de cet article. La correspondance concernant cet article peut être envoyée à James R. Schmidt, Université de Bourgogne, LEAD-CNRS UMR 5022, Pôle AAFE, 11 Esplanade Erasme, 21000 Dijon, France. Courriel : james.schmidt@ubfc.fr.

où le participant a pour objectif direct d'apprendre la régularité de la tâche, comme la tâche de prédiction des allergies (Van Hamme & Wasserman, 1994) ou diverses tâches de systèmes complexes (p. ex., Brehmer, 1992 ; Serman, 1989, 1994), des paradigmes existent également pour étudier l'apprentissage d'une nature plus incidente. Dans les *procédures d'apprentissage incident*, l'objectif des participants est d'accomplir une tâche simple (p. ex., l'identification des couleurs), mais il y a d'autres indices dans la tâche (p. ex., des mots distracteurs) qui semblent non pertinents pour atteindre l'objectif principal. Ils sont en réalité informatifs, en raison d'une certaine régularité programmée dans l'expérience. L'influence de ces régularités non pertinentes (mais, en effet, informatives) sur la performance (p. ex., des réponses plus rapides aux essais qui obéissent à la régularité par rapport à ceux qui ne le font pas) indique l'apprentissage des contingences incidentes à l'objectif principal de la tâche. Un tel apprentissage incident peut soit indiquer une sorte d'apprentissage implicite/inconscient, soit montrer que les participants ont délibérément essayé d'apprendre des régularités malgré l'absence d'instructions.

Il existe également de nombreuses approches pour étudier l'apprentissage incident, dont beaucoup impliquent une régularité relativement complexe, telles que l'apprentissage de séquences prédictibles (ou prévisibles) d'essais (Nissen & Bullemer, 1987 ; Turk-Browne, Jungé, & Scholl, 2005), de grammaires artificielles (Reber, 1967 ; pour une revue, voir Pothos, 2007) ou de listes répétées de chiffres (Oberauer, Jones, & Lewandowsky, 2015 ; Mckelvie, 1987 ; Vachon, Marois, Lévesque-Dion, Legendre, & Saint-Aubin, 2018). Une procédure d'apprentissage incident particulièrement intéressante et simple qui sera au centre de la présente revue est la *tâche d'apprentissage de contingence couleur-mot* (colour-word contingency learning task ; Schmidt, Crump, Cheesman, & Besner, 2007). Dans cette procédure, un mot coloré est présenté à chaque essai aux participants. La tâche de ces derniers est d'ignorer le mot lui-même et de répondre à la couleur avec laquelle le mot est imprimé. Cela ressemble à une tâche de Stroop (Stroop, 1935 ; MacLeod, 1991), sauf que les mots distracteurs ne sont en rien liés à la couleur (p. ex., des mots comme « bouge », « envoie » et « dis »). Point crucial, chaque mot est présenté le plus souvent dans une seule couleur (p. ex., « bouge » le plus souvent en bleu et rarement en vert ou en rouge, « envoie » le plus souvent en vert, etc.), comme indiqué dans le Tableau I. Ainsi, bien que les mots ne soient pas pertinents, ils sont informatifs de la couleur cible probable (et de la réponse). Ces contingences sont apprises comme l'indiquent des réponses plus rapides et plus précises aux stimuli de *forte contingence* (p. ex.,

« bouge » en bleu) par rapport aux stimuli de *faible contingence* (p. ex., « bouge » en rouge). La conception du Tableau I est assez standard, avec trois mots distracteurs et trois couleurs cible, mais l'effet est également présent avec plus de stimuli (p. ex., neuf mots dans les expériences de Schmidt & De Houwer, 2012c).

Tableau I. Manipulation prototypique d'apprentissage de contingence couleur-mot.

Table I. Typical colour-word contingency learning manipulation.

Couleur	Mot		
	bouge	envoie	dis
bleu	8	1	1
rouge	1	8	1
vert	1	1	8

Cette tâche s'avère être un outil utile dans l'étude de l'apprentissage de contingence. Non seulement les régularités sont remarquablement simples (c.-à-d., co-occurrences des paires de stimuli avec un taux de fréquence haut par rapport à celles ayant un taux de fréquence faible), mais les effets d'apprentissage sont importants et robustes. En effet, très peu de participants ne montrent pas un avantage numérique pour les essais de forte contingence sur les essais de faible contingence. Pour illustrer cette robustesse, la Figure 1 montre des boîtes à moustaches pour les données de temps de réponse de certaines de nos études avec une manipulation d'apprentissage de contingence couleur-mot comme celle du Tableau I. Bien qu'il ne soit pas aussi « viscéral » que l'effet Stroop, l'effet d'apprentissage de contingence couleur-mot est tout aussi fidèle (p. ex., les η^2 s pour les 5 expériences dans la Figure 1 sont respectivement .59 ($n = 36$), .80 ($n = 34$), .49 ($n = 62$), .52 ($n = 25$) et .51 ($n = 46$), tout $ps < .001$).

Une caractéristique utile de la procédure d'apprentissage de contingence couleur-mot est que l'influence des régularités peut être évaluée pendant la phase d'apprentissage elle-même. Cela est notamment dû au fait que les événements cohérents avec les régularités (essais à forte contingence) sont mélangés avec des événements incompatibles avec la régularité (essais à faible contingence). Les stimuli non prédictifs peuvent également être mélangés avec les autres types d'essai (Lin & MacLeod, 2018 ; Schmidt & De Houwer, 2016a). Ceci est différent d'une procédure d'étude-test comme celui des expériences de Musen et Squire (1993).

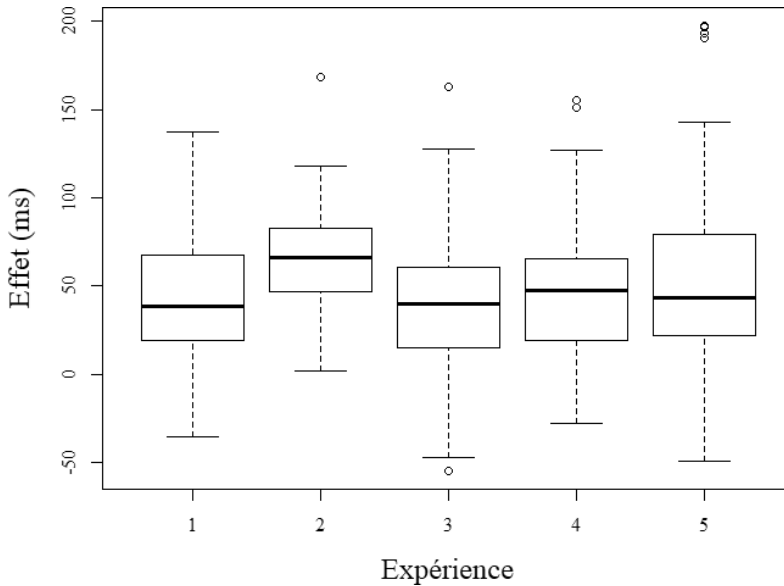


Figure 1. L'effet de contingence dans cinq expériences. 1 = Experiment 1a de Schmidt et De Houwer (2016b), 2 = Expérience 1b de Schmidt et De Houwer (2016b), 3 = Expérience 1 de Schmidt et De Houwer (2012d), 4 = Expérience 3 (condition contrôle) de Schmidt et De Houwer (2012d), 5 = Schmidt et De Houwer (2012a).

Figure 1. The contingency effect in five experiments. 1 = Experiment 1a of Schmidt et De Houwer (2016b), 2 = Experiment 1b of Schmidt et De Houwer (2016b), 3 = Experiment 1 of Schmidt et De Houwer (2012d), 4 = Experiment 3 (control condition) of Schmidt et De Houwer (2012d), 5 = Schmidt and De Houwer (2012a).

Leurs études ont été divisées en deux phases : une phase d'étude avec des contingences parfaites (c.-à-d., aucun essai à faible contingence) et une phase de test où les combinaisons de mots-couleurs étaient aléatoires pour tester le transfert de la contingence initiale. Mais avec le paradigme d'apprentissage de contingence couleur-mot, sa nature probabiliste est utile car il est très facile de voir comment les effets d'apprentissage changent avec plus d'entraînement. Tous les essais de l'expérience contribuent à la fois au renforcement de l'apprentissage et à la mesure de l'effet de l'apprentissage. Dans une conception étude-test, nous ne pouvons évaluer que les essais de test et l'apprentissage est effectivement évalué pendant le désapprentissage, où les régularités ont été supprimées. Il existe également des versions probabilistes de l'apprentissage des séquences. La procédure d'apprentissage de séquence standard consiste à comparer des séquences de stimulus et de réponse parfaitement prévisibles à des

séquences aléatoires, ainsi qu'une évaluation d'une diminution des performances lorsqu'une séquence prévisible devient aléatoire (Nissen & Bullemer, 1987). Cependant, les procédures d'apprentissage de séquence probabiliste impliquent l'utilisation de séquences prévisibles avec l'essai occasionnel qui viole la séquence (Jiménez, Méndez, & Cleeremans, 1996).

La tâche d'apprentissage de contingence couleur-mot est maintenant largement utilisée (voir MacLeod, 2019), mais elle est semblable à certains paradigmes connexes qui ont vu une utilisation plus limitée. Par exemple, Miller (1987 ; voir aussi, Carlson & Flowers, 1996 ; Mordkoff & Halterman, 2008) a introduit le paradigme de contingence avec flanqueurs (flanker contingency) dans lequel les participants répondent à une lettre cible tout en ignorant les lettres distractrices qui flanquent la cible vers la gauche et la droite. Semblable à la procédure d'apprentissage de contingence couleur-mot, les distracteurs (dans ce cas, les flanqueurs) sont prédictifs de la cible (dans ce cas, la lettre centrale). Dans d'autres études, des formes, des couleurs, des non-mots (p. ex., « alsan ») et des mots en langue étrangère ont été utilisés à la place des mots ; des mots de couleur, des mots neutres et des mots positifs ou négatifs ont été utilisés comme cibles, à la place des couleurs (Atalay & Misirlisoy, 2012 ; Forrin & MacLeod, 2017 ; Levin & Tzelgov, 2016 ; Lin & MacLeod, 2018 ; Schmidt & De Houwer, 2012b, 2012c, 2019b). Des procédures d'apprentissage par co-occurrence un peu plus complexes ont été décrites par Lewicki et ses collègues (Lewicki, 1985, 1986 ; Lewicki, Hill, & Czyzewska, 1992), bien que ces procédures ne soient que faiblement reproductibles (Hendrickx & De Houwer, 1997 ; Hendrickx, De Houwer, Baeyens, Eelen, & Van Avermaet, 1997a, 1997b ; Hendrickx, Eelen, & Van Avermaet, 1997). Dans tous les cas, cette revue couvrira aussi certaines études menées avec des paradigmes similaires à la tâche d'apprentissage de contingence couleur-mot. Il est à noter qu'il existe une autre revue de la littérature portant sur cette procédure (MacLeod, 2019), qui a un certain chevauchement, mais limité, avec le présent article. L'autre revue, écrite en anglais, ne couvre pas les mêmes champs de recherches. Elle est plus courte et focalise de plus sur les contributions du Prof. MacLeod (la revue est associée à une médaille d'or de la Société Canadienne de Psychologie), mais elle tient compte de certains travaux (non publiés mais intéressants) que le présent article ne présente pas. Ainsi, je recommande les deux revues aux lecteurs intéressés.

Cette présente revue examine neuf axes de recherche dans les sections distinctes ci-dessous. La section « Intention, Conscience, et Ressources Cognitives » explore le rôle de la conscience de la contingence dans

l'apprentissage, contraste l'apprentissage intentionnel et incident, et explore si l'encodage ou la récupération des connaissances sur la contingence dépend des ressources cognitives. La section « Apprentissage Stimulus-Stimulus vs Apprentissage Stimulus-Réponse » explore si les effets d'apprentissage sont le résultat de l'apprentissage des appariements de stimulus (mot-couleur) et / ou des régularités stimulus-réponse (mot-touche clavier). La section « Taux d'Apprentissage et Fréquence » explore la vitesse d'apprentissage, de désapprentissage et de réapprentissage, et comment le temps de réponse varie avec la force de la contingence entre les distracteurs et les réponses. La section « Apprentissage Catégoriel » décrit les travaux sur l'apprentissage des régularités abstraites. La section « Apprentissage Évaluatif » traite d'une adaptation de la tâche qui peut être utilisée pour étudier le conditionnement évaluatif. La section « Contiguïté Temporelle » explore dans quelle mesure les variations des asynchronies de début de stimulus et des intervalles inter-stimuli entre les distracteurs et les cibles influencent les effets d'apprentissage. La section « Indices Composés » explore dans quelle mesure les participants sont capables d'apprendre des régularités définies par la combinaison de stimuli. La section « Compétition Entre Indices et Apprentissage Incident » traite de la recherche visant à déterminer si des effets de blocage et d'ombrage peuvent être observés avec l'apprentissage incident. La section « Apprentissage et Liaison » explore la relation entre les effets d'apprentissage et les effets des expériences récentes (les effets de liaison). Enfin, cette revue se termine par quelques réflexions finales sur les implications des travaux déjà faits avec la tâche et sur les futures pistes à développer.

INTENTION, CONSCIENCE ET RESSOURCES COGNITIVES

Une question fréquemment débattue dans la littérature sur l'apprentissage statistique est le rôle de la sensibilisation dans l'apprentissage (Cleeremans, Destrebecqz, & Boyer, 1998 ; Frensch & Rüniger, 2003 ; Shanks, 2005 ; Shanks & St John, 1994). Fait intéressant, les effets d'apprentissage observés dans la procédure de contingence couleur-mot semblent être par nature principalement implicites. Dans la procédure classique, les participants sont simplement invités à répondre aux couleurs et ne sont pas informés des régularités entre les mots et les couleurs.

De nombreux participants finissent par prendre conscience des biais de contingence dans la procédure, mais beaucoup d'autres ne le font pas. Parmi ces participants qui n'ont pas du tout conscience de la manipulation de contingence, l'effet de contingence reste encore important et robuste (p. ex., Schmidt et al., 2007). Définir ce qui constitue une preuve d'apprentissage « implicite » est une question particulièrement épineuse (p. ex., Cleeremans, 1997 ; Shanks, 2005), mais l'effet est clairement présent chez les participants qui ne sont pas subjectivement conscients (c.-à-d., capables de signaler qu'ils ont remarqué la contingence) et ceux qui ne sont pas objectivement conscients (c.-à-d., capables de deviner au-delà du hasard quels mots sont présentés avec quelles couleurs). Plus précisément, pour la mesure de conscience subjective (p. ex., voir Schmidt et al., 2007), juste après la phase d'apprentissage, nous avons expliqué la manipulation de contingence (p. ex., « un mot était présenté plus souvent en bleu, un autre mot plus souvent en rouge ») et nous avons demandé aux participants s'ils ont remarqué ces régularités. Ensuite, nous avons présenté chaque mot individuellement et avons demandé aux participants de deviner laquelle des couleurs lui a été présentée le plus souvent (conscience objective). L'effet est également solidement présent pour les stimuli que les participants ont mal classés dans un test de conscience objectif (Schmidt & De Houwer, 2012b), et les analyses d'intercept montrent que lorsque la performance des participants est au niveau du hasard (pas de conscience), l'effet d'apprentissage est bien au-dessus de zéro (Schmidt & De Houwer, 2019a).

En revanche, ces tests de sensibilisation ont été effectués après la phase d'apprentissage. Certains auteurs estiment que cela ne fournit pas de preuves solides de l'apprentissage inconscient. Par exemple, les participants peuvent avoir été conscients pendant l'apprentissage, mais oublient au moment où ils sont sondés pour la sensibilisation. D'un autre côté, il n'est pas clair si les tests de conscience objectifs mesurent exclusivement les connaissances explicites, car les connaissances implicites pourraient également biaiser les suppositions à choix forcé (Jiménez et al., 1996). Il est également moins probable que les participants aient appris explicitement les régularités, mais seulement de manière fragmentaire. Dans la tâche d'apprentissage de contingence couleur-mot, les régularités sont déjà simples (appariements mot-couleur), contrairement, par exemple, à l'apprentissage de séquences où il est possible que seule une partie d'une séquence ait été apprise (Shanks & St John, 1994). Dans tous les cas, il est clair que la sensibilisation à la tâche d'apprentissage de contingence

couleur-mot n'est pas substantielle. Des résultats similaires ont été observés avec les autres tâches d'apprentissage, comme l'apprentissage séquentiel (Destrebecqz & Cleeremans, 2001 ; Jiménez & Méndez, 1999 ; Mayr, 1996 ; Nissen & Bullemer, 1987 ; Song, Howard, & Howard, 2007 ; Turk-Browne et al., 2005 ; Willingham, Nissen, & Bullemer, 1989), l'apprentissage de grammaires artificielles (Mathews et al., 1989), la détection de covariation cachée (Lewicki, 1985, 1986 ; Lewicki et al., 1992), les indice contextuels (Chun & Jian, 1998) et la tâche de chiffres Hebb (McKelvie, 1987), où les effets sont observés chez les participants non-conscients. Les participants peuvent même apprendre à contrôler un système complexe sans pouvoir répondre à des questions explicites sur le fonctionnement du système (D. C. Berry & Broadbent, 1984, 1988).

Dans un grand nombre de nos études, nous n'avons pas trouvé de preuves attestant d'un « coup de pouce » dans l'effet d'apprentissage avec une conscience accrue, bien qu'il soit à noter que les tendances numériques laissent penser qu'un tel avantage existe. D'autre part, d'autres résultats complémentaires suggèrent l'existence d'avantages avec des connaissances explicites. Par exemple, dans une série d'expériences, nous avons explicitement dit aux participants en début de procédure la couleur avec laquelle chaque mot serait présenté le plus souvent (Schmidt & De Houwer, 2012d). Les participants ont également reçu l'instruction de se souvenir de ces contingences pour un test en fin d'expérience. Nous avons observé que ces connaissances explicites des contingences ont augmenté l'effet de contingence observé (bien qu'aucune différence n'ait été observée dans le paradigme de contingence avec flanqueurs ; Carlson & Flowers, 1996). De même, si les contingences instruites sont incompatibles avec la manipulation de contingence réelle (p. ex., il est dit à un participant que « bouge » sera présenté le plus souvent en vert, alors qu'il est présenté le plus souvent en bleu), l'effet de contingence observé (c.-à-d., pour la « vraie » contingence) est réduit. Les instructions de contingence sans manipulation de contingence réelle n'ont pas produit d'effet en tant que tel, bien que des effets d'« instructions simples » soient observés dans d'autres domaines (Liefoghe, Wenke, & De Houwer, 2012 ; Meiran, Pereg, Kessler, Cole, & Braver, 2015 ; Van Dessel, De Houwer, Gast, & Smith, 2015 ; Meiran, Liefoghe, & De Houwer, 2017). De même, dans une autre étude (Schmidt & De Houwer, 2012a), nous avons informé les participants à l'avance de la présence de contingences entre les couleurs et les mots, mais nous ne leur avons pas dit quels appariements couleur-mot seraient les plus fréquents. Au lieu de cela, il a été demandé aux participants d'essayer d'apprendre délibérément les contingences. Cela augmente également l'effet d'apprentissage observé. Les

résultats similaires ont été observés avec l'apprentissage des séquences. Destrebecqz (2004) a observé un effet plus important de l'apprentissage des régularités séquentielles avec instruction pour apprendre intentionnellement.

Dans un autre axe de recherche, nous avons observé que des ressources de mémoire de travail peuvent être nécessaires pour apprendre et utiliser les connaissances des contingences (Schmidt, De Houwer, & Besner, 2010). Dans une procédure modifiée, les participants ont réalisé une tâche secondaire consistant à mémoriser une série de chiffres (c.-à-d., ils ont été invités à se rappeler un certain nombre de chiffres pour un test ultérieur de reconnaissance). Cette tâche secondaire était soit facile (2 chiffres), soit difficile (5 chiffres). L'effet de contingence a été éliminé lorsque les participants ont effectué la tâche difficile de mémoire de chiffres au cours de l'acquisition (c.-à-d., pendant l'apprentissage) ou du test (c.-à-d., durant la phase de transfert, où la contingence était absente).

En revanche, la charge perceptuelle ne semble pas influencer les effets de contingence de la même manière que la charge de la mémoire de travail. Cosman, Mordkoff et Vecera (2016) ont découvert que la charge perceptuelle n'influçait pas l'effet de contingence avec des flanqueurs. En particulier, les participants devaient trouver une cible parmi un ensemble de distracteurs (E, A, F ou H). Un flanqueur clairement visible (G ou S) était présenté au-dessus ou au-dessous de l'ensemble des lettres. Le flanqueur était fortement prédictif de l'identité de la cible. Dans une condition de faible charge perceptuelle, les stimuli non-cibles étaient homogènes (tous O) et distincts des cibles potentielles sur le plan perceptuel, ce qui rend la cible facile à trouver. Dans la condition de charge perceptuelle élevée, les stimuli non-cibles étaient hétérogènes (U, C, L, P et J). L'effet de contingence a été robuste dans les deux conditions.

Globalement, les résultats obtenus avec la procédure d'apprentissage de contingence couleur-mot sont conformes aux principes d'apprentissage incident. Tout apprentissage qui se produit est accessoire à l'objectif principal de la tâche (identification des couleurs) et l'apprentissage semble possible sans prise de conscience. Comme dans d'autres procédures d'apprentissage, cependant, nous avons observé des preuves d'influences descendantes ou « top-down » sur l'effet de contingence, bien que la majeure partie de ce que nous observons semble être avant tout de nature implicite.

APPRENTISSAGE STIMULUS-STIMULUS VS APPRENTISSAGE STIMULUS-RÉPONSE

Une question importante dans la littérature sur l'apprentissage statistique porte sur ce que les participants apprennent réellement des régularités dans ce type de procédure d'apprentissage incident. Par exemple, dans l'apprentissage séquentiel, les participants apprennent-ils l'intégralité de la séquence, ou seulement des parties de celle-ci (Perruchet & Amorim, 1992 ; Perruchet, Bigand, & Benoit-Gouin, 1997) ? À cet égard, une question que nous avons investiguée avec la procédure d'apprentissage de contingence couleur-mot est si les participants apprenaient des appariements de stimulus, c'est-à-dire les associations entre les mots et les couleurs. Nous référons ici à un *apprentissage stimulus-stimulus*. Alternativement (ou conjointement), les participants pourraient apprendre la réponse associée au mot non pertinent à la tâche, que nous appelons *apprentissage stimulus-réponse*. En d'autres termes, un participant à qui le mot « bouge » a été présenté aurait pu apprendre que la couleur probable est bleue (stimulus-stimulus) ou que la réponse probable est, par exemple, la Touche J (stimulus-réponse).

Pour dissocier ces deux possibilités, Schmidt et ses collègues (2007) ont utilisé une manipulation avec deux couleurs assignées à chaque réponse (pour les applications avec la tâche de Stroop, voir De Houwer, 2003 ; Schmidt & Cheesman, 2005). Dans cette procédure, illustrée dans le Tableau II, deux couleurs sont assorties à une touche de réponse particulière (p. ex., bleu et vert avec la touche gauche et orange et jaune avec la touche droite). Cela produit trois types d'essais. Lors des essais de *correspondance des stimuli*, le mot est présenté avec la couleur et la réponse attendues (p. ex., « bouge » en bleu, où « bouge » est présenté le plus souvent en bleu). Lors des essais de *correspondance des réponses*, le mot est présenté dans une couleur de faible contingence, mais avec la réponse de forte contingence (p. ex., « bouge » en vert, où « bouge » est présenté rarement en vert, mais la réponse pour le vert est la même que pour le bleu). Lors des essais de *non-correspondance des réponses*, le mot est présenté avec une couleur et une réponse de faible contingence (p. ex., « bouge » en jaune). Les résultats sont présentés dans la Figure 2. Les participants ont répondu tout aussi rapidement aux essais de type correspondance des stimuli qu'aux essais de type correspondance des réponses, indiquant l'absence d'avantage pour les appariements de stimulus à forte fréquence. Cependant, les participants ont été plus lents aux essais impliquant une non-correspondance des réponses (par rapport aux essais avec

une correspondance de stimuli et aux essais avec une correspondance des réponses), indiquant un effet d'apprentissage stimulus-réponse.

Tableau II. Manipulation de Schmidt et al. (2007).

Table II. Manipulation of Schmidt et al. (2007).

Couleur	Mot				Réponse
	bouge	tombe	serre	envoie	
bleu	9	1	1	1	F
vert	1	9	1	1	F
jaune	1	1	9	1	J
orange	1	1	1	9	J

Remarque : Les essais de forte contingence indiqués en gras.

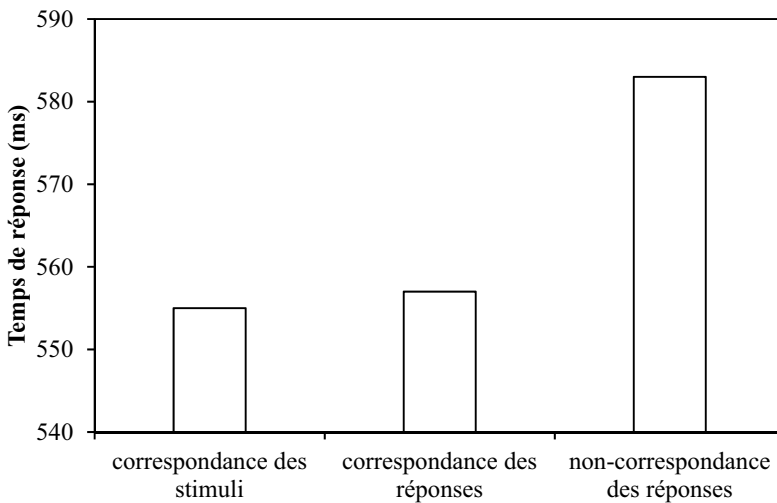


Figure 2. Résultats de Schmidt et al. (2007), Expérience 4.

Figure 2. Results of Schmidt et al. (2007), Experiment 4.

Un effet d'apprentissage similaire de stimulus-réponse sans effet de l'appariement stimulus-stimulus a été reproduit dans une variante de conditionnement évaluatif de la procédure (Schmidt & De Houwer, 2012b), qui sera discutée dans une section à suivre. D'autres résultats concordent également avec l'apprentissage stimulus-réponse, comme la constatation que l'effet de contingence est toujours observé avec un grand

nombre de stimulus cible ou distracteurs non (ou rarement) répétés (c.-à-d., où les appariements stimulus-stimulus ne sont pas fréquemment répétés, mais il reste une forte contingence de stimulus-réponse). Par exemple, dans une étude, les distracteurs prédisaient des cibles positives ou négatives, mais pas une cible spécifique (Schmidt & De Houwer, 2012b). À l'inverse, dans une autre étude, de nouveaux mots étaient présentés à chaque essai. Comme nous le verrons plus loin, la catégorie du mot était prédictive de la réponse, mais les paires de stimulus (couleur-mot) individuelles n'avaient jamais été présentées auparavant (Schmidt, Augustinova, & De Houwer, 2018).

Avec le paradigme de contingence avec flanqueurs, Miller (1987) a montré un effet de transfert. La manipulation est présentée dans le Tableau III. Trois cibles ont été assignées à chaque réponse. Un flanqueur a été présenté le plus souvent avec la réponse gauche et l'autre flanqueur a été présenté le plus souvent avec la réponse droite. Chaque flanqueur a été présenté le plus souvent avec deux des cibles pour chaque réponse, mais tout aussi souvent avec les deux cibles pour la troisième (C et F dans le tableau). Si les participants apprenaient uniquement les appariements stimulus-stimulus, alors l'effet de contingence ne devrait pas être transféré vers ces cibles non-biaisées. Cependant, si les participants apprenaient des contingences entre les flanqueurs et les réponses, alors l'effet de contingence devrait toujours être observé pour ces stimuli de transfert. Miller a trouvé cet effet de transfert, qui confirme à nouveau la notion que les participants apprennent les contingences entre les distracteurs et les réponses.

Tableau III. Manipulation de Miller (1987), Expérience 3.

Table III. Manipulation of Miller (1987), Experiment 3.

Cible	Flanquer		Réponse
	S	T	
A	30	2	Gauche
B	30	2	Gauche
C	16	16	Gauche
D	2	30	Droite
E	2	30	Droite
F	16	16	Droite

Remarques : Exemples de lettres de stimulus uniquement ; cibles et flanqueurs choisis au hasard parmi les lettres A à W. C et F sont les cibles transferts. Essais de forte contingence indiqués en gras.

Des discussions similaires ont également émergé dans la recherche sur l'apprentissage des séquences, où certains chercheurs ont suggéré que les participants apprennent les séquences stimulus-stimulus (p. ex., Stadler, 1989), d'autres ont proposé que les participants apprennent les séquences réponse-réponse (p. ex., Willingham, 1999), et d'autres encore ont dit que les règles d'association stimulus-réponse sont importantes pour l'apprentissage de la séquence (p. ex., Willingham et al., 1989 ; pour une discussion, voir Schwarb & Schumacher, 2010). Ce débat est plus complexe dans le domaine de l'apprentissage séquentiel, peut-être parce que les régularités séquentielles sont elles-mêmes plus complexes. Cependant, les travaux ont montré que le simple maintien de la séquence de stimuli ou de la séquence de réponses n'est pas suffisant pour conserver l'effet d'apprentissage lorsque les règles stimulus-réponse changent (Willingham et al., 1989). Comme pour la procédure d'apprentissage de contingence couleur-mot, les associations stimulus-réponse semblent, au minimum, être le facteur le plus puissant pour produire des effets d'apprentissage robustes. Globalement, les résultats suggèrent que les participants apprennent à quelle réponse s'attendre, sur la base des distracteurs. L'absence d'effet d'apprentissage stimulus-stimulus indique soit (a) que les participants n'apprennent pas les correspondances mot-couleur, soit (b) qu'ils apprennent des appariements mot-couleur, mais cela ne produit pas un effet robuste sur le temps de réponse.

TAUX D'APPRENTISSAGE ET FRÉQUENCE

Beaucoup peuvent penser à un « effet d'apprentissage » comme quelque chose qui émerge lentement à travers de multiples blocs d'apprentissage. Une tendance à la hausse modérée avec plus d'apprentissage est apparente, mais l'effet d'apprentissage de contingence couleur-mot apparaît presque immédiatement dès le début de l'entraînement. Par exemple, même avec des blocs relativement réduits de 18 essais, un effet de contingence a déjà été observé dans le tout premier bloc de Schmidt, De Houwer, et Besner (2010). Des résultats similaires ont été observés dans d'autres articles (p. ex., Lin & MacLeod, 2018 ; Schmidt & De Houwer, 2016b). La Figure 3 présente les données de Lin et MacLeod, divisé en 18 blocs de 48 essais. Comme on peut le voir sur la figure, l'effet d'apprentissage était constamment présent tout au long de la phase d'apprentissage (six premiers blocs). Cette acquisition rapide n'est pas

sans rappeler l'apprentissage observé dans d'autres procédures d'apprentissage. Par exemple, des effets d'apprentissage ont été repérés après un seul appariement cohérent dans la tâche de détection de covariation cachée (Lewicki, 1985, 1986 ; Lewicki et al., 1992). De même, des effets d'apprentissage de séquence ont été notés après de courtes procédures d'entraînement (Nissen & Bullemer, 1987) et un apprentissage tout aussi rapide a été observé dans la tâche de chiffres de Hebb (Mckelvie, 1987).

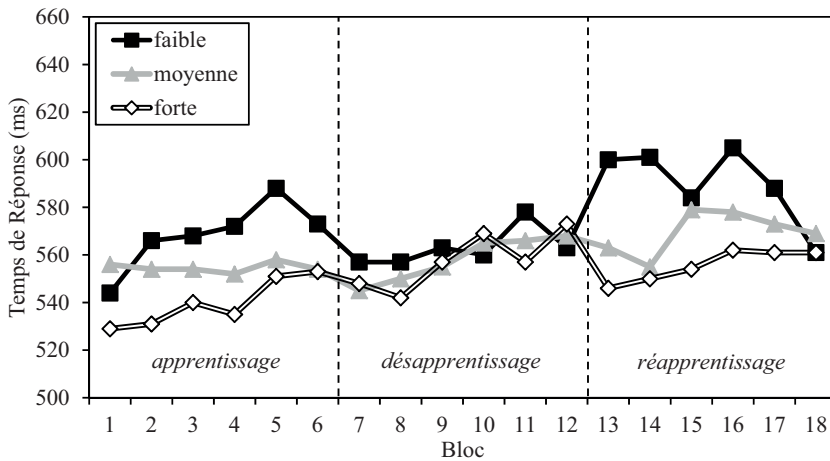


Figure 3. Résultats de Lin et MacLeod (2018), Expérience 2.

Figure 3. Results of Lin et MacLeod (2018), Experiment 2.

Également, les adaptations aux changements dans les contingences se produisent très rapidement. Par exemple, si les contingences initiales sont éliminées après une phase d'apprentissage (c.-à-d., les mêmes mots sont maintenant présentés aussi souvent dans toutes les couleurs), alors un *désapprentissage* (unlearning) de la contingence originale est rapidement observé (Lin & MacLeod, 2018 ; Schmidt & De Houwer, 2016b ; Schmidt et al., 2010). Bien que l'effet ne soit pas entièrement éliminé, la différence entre les essais (précédemment) de forte et faible contingence diminue rapidement vers zéro, comme le montre également la Figure 3 (six blocs du milieu). Dans le même ordre d'idées, si la contingence initiale est réintroduite, nous observons un *réapprentissage* (relearning) très rapide (Lin & MacLeod, 2018 ; Schmidt & De Houwer, 2016b), comme le montre également la Figure 3 (six derniers blocs). Parallèlement à d'autres résultats qui seront discutés plus tard dans cet article, ces résultats ont été pris comme preuve d'un taux d'apprentissage élevé, où les événements

récents comptent beaucoup plus pour le comportement actuel que les événements plus anciens.

Dans le cadre de travaux récents (Schmidt, De Houwer, & Moors, 2020), nous avons exploré si les *surapprentissage* (overlearning) substantiels des contingences mènent éventuellement à la stabilité des effets des contingences. Par exemple, si les participants apprennent de façon répétée la régularité entre le mot « bouge » et la couleur bleue, l'effet facilitateur de la régularité persistera-t-il tout au long d'une phase de désapprentissage ultérieure ? Cela sera-t-il de même tout au long d'une phase de contre-conditionnement où une nouvelle régularité est introduite (p. ex., « bouge » est maintenant présenté le plus souvent en vert) ? Nos résultats avec des études impliquant un entraînement sur plusieurs jours suggèrent quelques influences durables du surentraînement, ainsi qu'un effet puissant des expériences récentes. En d'autres termes, la contingence initiale n'a pas créé une habitude stable et inaltérable.

Une autre question qui a été abordée avec le paradigme d'apprentissage de contingence couleur-mot est la mesure dans laquelle les effets d'apprentissage produits par le paradigme sont dus à la facilitation (accélération) sur des appariements de forte contingence, l'interférence (ralentissement) sur les essais de faible contingence, ou une combinaison des deux. Lin et MacLeod (2018) ont utilisé une condition de contrôle (voir aussi, Schmidt & Besner, 2008) avec des contingences moyennes (chance), où les mots de moyenne contingence étaient présentés aussi souvent dans toutes les couleurs. Les données de leur Expérience 1a sont présentées dans la Figure 4. Dans plusieurs expériences, ils ont observé à la fois la facilitation et l'interférence par rapport à ce contrôle (bien qu'ils ne soient pas directement testés, les résultats de Hazeltine & Mordkoff, 2014, suggèrent le même schéma).

D'autres résultats semblent compatibles avec la notion d'effet de facilitation et d'interférence. Par exemple, augmenter la proportion des contingences (p. ex., de 70 % d'appariements de forte contingence à 90 %) augmente l'effet de contingence (avec l'apprentissage de contingences couleur-mot, Forrin & MacLeod, 2018 ; et avec l'apprentissage de contingence avec flanqueurs, J. Miller, 1987). Les données de Miller suggèrent que la manipulation plus importante accélère à la fois les essais de forte contingence et ralentit les essais de faible contingence, mais il n'a pas directement comparé les essais de forte et faible contingence séparément. Forrin et MacLeod ont uniquement trouvé un ralentissement pour les essais de faible contingence.

Dans des recherches similaires, Schmidt et De Houwer (2016a) ont ajusté la conception expérimentale typique pour produire non seulement

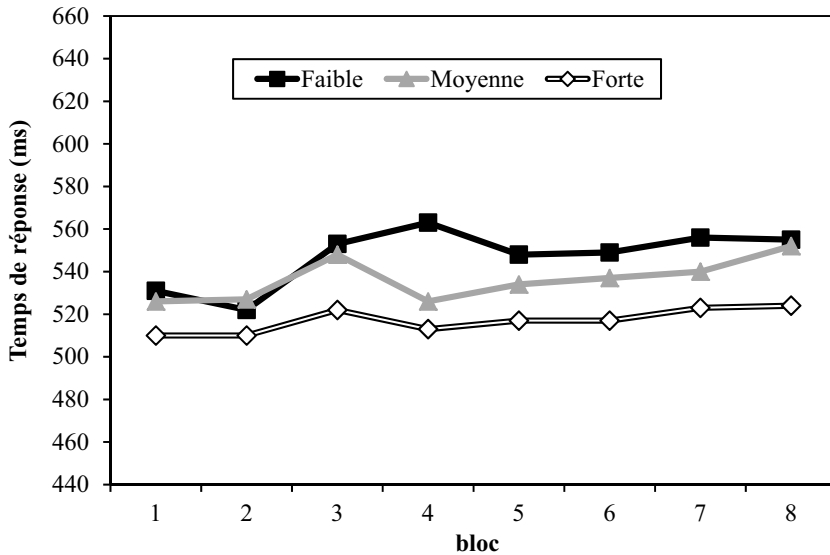


Figure 4. Résultats de Lin et MacLeod (2018), Expérience 1a.

Figure 4. Results of Lin et MacLeod (2018), Experiment 1a.

des essais de forte et faible contingence, mais aussi trois autres types de contrôles, de « moyenne contingence ». Les fréquences relatives des combinaisons de mots et de couleurs utilisées dans l'Expérience 1 de ce dernier travail sont présentées dans le Tableau IV. Il est à noter que les appariements de forte contingence (les 9 dans le Tableau IV) sont fréquents, les appariements de faible contingence (les 1 dans le Tableau IV) sont rares, et les trois conditions restantes se produisent avec une fréquence intermédiaire (ou de chance). Lors d'essais avec des *mots-biaisés* (p. ex., « donne » en gris), le mot était « prédictif » d'une couleur (p. ex., « donne » est présenté le plus souvent en violet), mais ne se produit qu'avec une fréquence intermédiaire avec la couleur actuellement appariée (p. ex., gris). La couleur de ces essais est « non-prédictive » (p. ex., le gris est présenté aussi souvent avec chacun des trois mots). Les essais de *couleur-biaisée* reflètent la situation inverse, avec une couleur « prédictive » et un mot non prédictif (p. ex., « fait » en violet). Enfin, ni le mot ni la couleur n'étaient informatifs sur les épreuves *non biaisées* (« fait » en gris dans le Tableau IV).

Tableau IV. Manipulation adaptée de Schmidt et De Houwer (2016a).
Table IV. Adapted manipulation of Schmidt and De Houwer (2016a).

Couleur	Mot		
	donne	entend	fait
violet	9	1	5
orange	1	9	5
gris	5	5	5

Les données sont présentées dans la Figure 5. Fait intéressant, nous avons observé à la fois la facilitation pour les essais de forte contingence et l'interférence pour les essais de faible contingence par rapport aux trois contrôles. Aucune différence n'a été observée entre les trois types d'essais de moyenne contingence. Ce résultat a été considéré comme une preuve contre l'idée que l'anticipation d'une réponse entraîne un coût lorsque la réponse réelle requise est différente. Par exemple, si le mot est « donne », la réponse devrait probablement être violette. Si cette attente pour la réponse violette est incorrecte (p. ex., la couleur est grise), nous pouvons imaginer que cela pourrait produire un coût (interférence). Cependant, nous ne l'avons pas observé. L'idée selon laquelle la réponse est plus lente quand un stimulus n'est pas présenté dans l'appariement attendu n'a donc pas été appuyée. Au lieu de cela, nous avons interprété ces résultats comme indiquant que les participants sont simplement sensibles à la fréquence (et/ou à la proportion) des rencontres antérieures avec chaque combinaison de stimuli. C'est-à-dire que les participants accélèrent considérablement avec des appariements fréquents, accélèrent modérément avec des appariements à fréquence modérée, et accélèrent légèrement avec des appariements peu fréquents. Cela suggère que « l'interférence » dans les essais de faible contingence reflète en fait « moins de facilitation ». Supportant davantage cette notion, une deuxième expérience a montré que les participants ont été, au moins numériquement, *plus lents* à répondre à des essais avec des nouveaux mots qui ont été présentés une seule fois chacun (aucune expérience passée avec les appariements) par rapport à des essais de faible contingence (quelques expériences, mais peu fréquentes).

Bien sûr, nous savons que la véritable interférence se produit dans des paradigmes de conflit comme la tâche Stroop (Stroop, 1935 ; pour une revue, voir MacLeod, 1991). Par exemple, le fait que le mot « bleu » soit associé à une réponse de dénomination, « bleu », rend les participants plus lents et plus sujets aux erreurs si la couleur cible est rouge. Cette

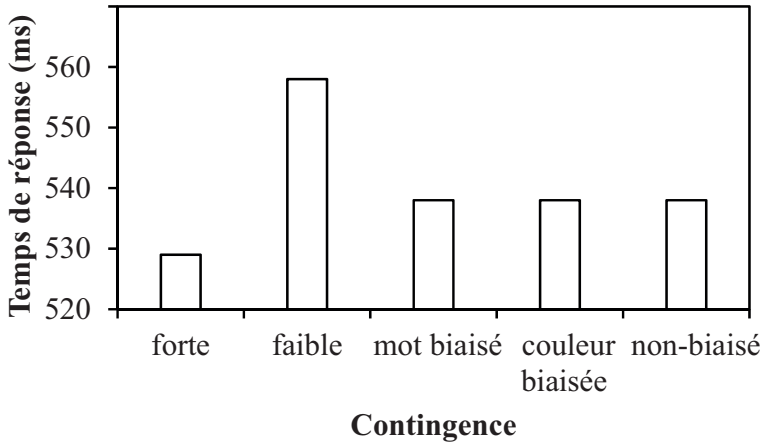


Figure 5. Résultats de Schmidt et De Houwer (2016a), Expérience 1.

Figure 5. Results of Schmidt and De Houwer (2016a), Experiment 1.

interférence par rapport à un contrôle neutre est également observée pour les mots récemment acquis dans une langue étrangère (p. ex., Altarriba & Mathis, 1997). Ce qui rend les résultats des paradigmes de Stroop couleur-mot et d'apprentissage de contingence couleur-mot différents à cet égard n'est pas clair. Dans tous les cas, les résultats de l'apprentissage de contingence sont conformes aux principes bien compris de l'entraînement et de l'automatisme : plus souvent un participant a vu un stimulus et lui a donné la même réponse, plus il devient rapide (Grant & Logan, 1993 ; Logan, 1988). Et l'apprentissage incident est rapide. S'il existe une simple régularité qui peut être apprise de façon incidente, alors les régularités commenceront à influencer le comportement avec étonnamment peu de formation. Contrairement à ce qui est observé dans certaines formes d'apprentissage implicite (Cleeremans & McClelland, 1991 ; Misyak, Christiansen, & Tomblin, 2010), l'apprentissage émerge immédiatement au cours de l'entraînement. Ce résultat tient probablement au petit nombre de régularités à apprendre (Van Den Bos & Poletiek, 2008).

APPRENTISSAGE CATÉGORIEL

L'apprentissage, en particulier l'apprentissage humain, n'est pas toujours spécifique à un stimulus. Au lieu de cela, nous pouvons souvent

apprendre des régularités plus abstraites (p. ex., Brady & Oliva, 2008 ; Emberson & Rubinstein, 2016). Il n'est pas toujours nécessaire de se référer à des stimuli spécifiques pour apprendre une relation conceptuelle et l'apprentissage de certains stimuli peut souvent se transférer à ceux qui sont connexes. Pour déterminer si l'apprentissage catégorique peut se produire de manière purement incidente, Schmidt, Augustinova, et De Houwer (2018) ont exploré si l'effet de contingence couleur-mot peut se généraliser, au-delà des éléments individuels, à des régularités catégorielles plus abstraites. Au lieu d'avoir un petit ensemble de mots fréquemment répétés (p. ex., 3 mots, chacun présenté des centaines de fois), une grande liste de mots non pertinents avec la tâche a été présentée. Chaque mot appartenait à l'une des trois catégories (professions, verbes ou animaux). Chaque mot n'a été présenté qu'une seule fois, mais les mots d'une catégorie donnée étaient souvent présentés dans une couleur donnée (p. ex., professions le plus souvent en bleu, verbes le plus souvent en rouge, etc.). Ainsi, à mi-chemin de l'expérience, si le mot « médecin » était présenté aux participants, ceux-ci n'avaient aucune expérience antérieure de ce mot dans l'une des trois couleurs cibles. Cependant, ils avaient vu précédemment d'autres mots liés aux professions en bleu. Nous avons observé un effet d'apprentissage catégoriel, avec des réponses plus rapides et avec moins d'erreurs aux essais de forte contingence catégorie-couleur (p. ex., « médecin » en bleu) qu'à des essais de faible contingence (p. ex., « médecin » en rouge).

L'effet d'apprentissage au niveau des catégories a été plus faible et n'a pas été observé de façon cohérente pour tous les participants, contrairement aux résultats avec la manipulation typique spécifique au stimulus. Cela a probablement un certain sens d'un point de vue conceptuel. La régularité à apprendre est beaucoup plus abstraite. Chaque nouveau stimulus rencontré n'a pas de lien direct avec la réponse de forte contingence, mais seulement un lien indirect par l'intermédiaire d'un chevauchement de niveau catégorique avec des stimulus précédemment expérimentés.

Un apprentissage similaire au niveau de la catégorie peut se produire durant un apprentissage séquentiel. Par exemple, dans deux séries d'études, les participants ont reçu une série d'images et les expérimentateurs leur ont demandé soit de détecter les répétitions d'images (c.-à-d., la même image deux fois de suite ; Brady & Oliva, 2008) soit de simplement regarder passivement les images (Emberson & Rubinstein, 2016). Les images ont suivi une séquence prévisible de catégories. C'est-à-dire que les images individuelles n'avaient pas de séquence prévisible, mais les catégories en avaient (p. ex., les poissons suivis par les chiens, les fleurs suivies

par les oiseaux, etc.). Ces séquences au niveau des catégories ont été apprises par les participants (jugements de contingences explicites). Comme pour la procédure d'apprentissage de contingence couleur-mot, Emberson et Rubinstein ont cependant constaté que les participants étaient plus sensibles aux contingences spécifiques à un objet qu'aux contingences spécifiques à une catégorie.

Globalement, tous les résultats discutés dans cette section sont conformes au principe de base de l'apprentissage statistique selon lequel nous visons à détecter la cohérence dans notre environnement. Les correspondances exactes entre stimuli et réponses sont les plus faciles à détecter, mais il est tout aussi important d'essayer d'apprendre les « règles » généralisables de l'environnement (Badre, Kayser, & D'Esposito, 2010 ; Botvinick, 2008), qui sont souvent plus abstraites (p. ex., des poêles peuvent sembler légèrement différents, mais nous n'avons pas besoin d'apprendre, pour chacun individuellement, que toucher un brûleur chaud est désagréable). D'autres recherches récentes ont également étudié l'apprentissage catégoriel dans le contexte d'effets de liaison plus transitoires, où l'apprentissage au niveau de la catégorie a également été observé (p. ex., Allenmark, Moutsopoulou, & Waszak, 2015 ; Horner & Henson, 2011).

APPRENTISSAGE ÉVALUATIF

Le conditionnement évaluatif (evaluative conditioning ; pour une revue, voir Hofmann, De Houwer, Perugini, Baeyens, & Crombez, 2010) consiste en l'observation d'un changement dans la préférence d'un stimulus initialement neutre, après que celui-ci a été associé à un stimulus non neutre (De Houwer, 2007). Dans une procédure de conditionnement évaluatif typique, un stimulus conditionné (SC) neutre est associé un certain nombre de fois avec un stimulus inconditionné (SI) positif ou négatif. Par exemple, dans le conditionnement des saveurs (Garcia & Koelling, 1966 ; Rozin & Zellner, 1985), un goût neutre peut être mélangé avec un goût agréable et un autre goût neutre peut être mélangé avec un goût désagréable. Après le conditionnement, le premier goût neutre est généralement évalué plus positivement que le second. En d'autres termes, la valence (positive vs négative) d'un SI est transférée au SC avec lequel il est associé. De même, une image neutre qui a été fréquemment présentée avec un visage souriant est généralement évaluée plus positivement qu'une image neutre qui a été pairée avec un visage en colère (p. ex.,

Baeyens, Eelen, Crombez, & van den Bergh, 1992 ; voir aussi, Levey & Martin, 1975).

Les expériences de conditionnement évaluatif impliquent généralement un apprentissage explicite. Pour étudier le conditionnement évaluatif dans un environnement d'apprentissage plus incident, Schmidt et De Houwer (2012b ; pour une tâche très similaire, voir Greenwald & De Houwer, 2017), ont développé une variante d'une procédure de conditionnement évaluatif basée sur la procédure d'apprentissage de contingence couleur-mot. À chaque essai, le participant a reçu une amorce qui était un non-mot (p. ex., « alsan »). L'amorce a été suivie d'un mot cible positif ou négatif (p. ex., « fleurs » ou « pistolets »). La tâche du participant était de décider si la cible était positive ou négative. Point clé, certains non-mots ont été présentés le plus souvent avec des cibles positives et d'autres non-mots ont été présentés le plus souvent avec des cibles négatives. Les participants ont répondu plus rapidement et avec moins d'erreurs aux cibles lorsque le mot principal a été présenté avec la valence attendue par rapport à la valence inattendue.

Gast, Richter, et Ruszpel (2020) ont reproduit ces observations (voir aussi des données non publiées de Bar-Anan, Sarzynska, et Balas : <https://osf.io/rtk2n/>). Nous avons en outre pris en compte les évaluations explicites (la mesure dépendante typique d'une expérience de conditionnement évaluatif) des non-mots après l'apprentissage. Les non-mots qui ont été fréquemment présentés avec des cibles positives ont été évalués plus positivement que ceux présentés fréquemment avec des cibles négatives (cf., Gast et al., 2020). Cet effet sur les évaluations explicites a également été fortement corrélé avec les effets de contingence de temps de réponse et d'erreur. Dans l'Expérience 2, nous avons également évalué la conscience des contingences (pour une correction, voir Schmidt & De Houwer, 2019a). Nous avons observé que les participants n'avaient pas ou peu conscience des contingences dans un test de conscience objective, avec une précision relativement faible pour deviner quels non-mots ont été présentés le plus souvent avec des stimuli positifs et ceux présentés le plus souvent avec des stimuli négatifs. Peu de participants ont affirmé avoir conscience des régularités (conscience subjective). Le temps de réponse, l'erreur et les évaluations des effets de contingence ne dépendaient pas de la conscience, qu'elle soit évaluée au niveau d'un sujet (c.-à-d., que l'effet persiste si le participant devine le hasard) ou d'un élément (c.-à-d., que l'effet persiste pour les mots que les participants ont devinés incorrectement dans un test de conscience objectif ; voir Baeyens, Eelen, & Van den Bergh, 1990 ; Pleyers, Corneille, Luminet, & Yzerbyt,

2007 ; Stahl & Unkelbach, 2009). Ainsi, l'apprentissage semble être avant tout inconscient.

Greenwald et De Houwer (2017) ont par la suite mené des études similaires avec des chaînes de lettres pour les SCs et des mots valencés (SIs) comme cibles. Fait intéressant, ils ont trouvé des preuves d'un conditionnement inconscient avec des stimuli amorces masqués. Ils ont également trouvé des effets de conditionnement évaluatifs avec des stimuli amorces clairement visibles, mais ces derniers effets semblaient être plus dépendants de la conscience. Gast, Richter, et Ruzspel (2020) ont également ajouté quelques essais avec un stimulus cible neutre dans leur Expérience 2. Dans ces essais, les participants devaient décider si la cible neutre semblait relativement plus positive ou plus négative, comme dans la procédure de mauvaise attribution d'affect (affect misattribution procedure ou AMP ; Payne, Cheng, Govorun, & Stewart, 2005). Au cours de la phase d'apprentissage, ils ont trouvé plus de réponses positives pour les cibles neutres précédées de non-mots associés le plus souvent à des cibles positives que de non-mots associés le plus souvent à des cibles négatives.

Jusqu'à présent, certains résultats suggèrent que le conditionnement évaluatif peut se produire sans prise de conscience, ce qui est un sujet majeur de débat dans la littérature sur le conditionnement évaluatif (pour une revue, voir Sweldens, Corneille, & Yzerbyt, 2014 ; pour une méta-analyse, voir Hofmann et al., 2010) ; cependant, il existe actuellement des incohérences dans les travaux publiés. La taille ou la présence d'un effet d'évaluations explicites après l'apprentissage dans la tâche d'apprentissage de contingence couleur-mot semble également peu clair.

CONTIGUÏTÉ TEMPORELLE

L'apprentissage de contingence (ou covariation) est important pour comprendre la relation entre les événements dans notre monde. En remontant au moins aussi loin que Hume (1969), nous avons reconnu l'importance de la *contiguïté temporelle* (temporal contiguity, proximité dans le temps) entre les événements de perception causale (Michotte, Miles, & Miles, 1963) et l'apprentissage (pour une revue, voir Buehner, 2005 ; Gallistel, Craig, & Shahan, 2019). À l'aide d'un exemple simple, si vous appuyez sur un « bouton mystère » et qu'une lumière dans la pièce s'allume presque immédiatement, vous êtes susceptible d'attribuer l'allumage de la lumière à la pression sur le bouton. À l'inverse, si rien ne se

passé immédiatement après avoir appuyé sur le bouton, mais que la lumière s'allume une minute plus tard, il y a peu de chance que vous attribuez la pression du bouton comme la cause de l'allumage de la lumière. Le maintien d'une étroite contiguïté temporelle entre les informations connexes a également été étudié dans le contexte éducatif (Khacharem, Trabelsi, Engel, Sperlich, & Kalyuga, 2020 ; pour une revue, voir Ginns, 2006).

Schmidt et De Houwer (2012c) ont exploré dans quelle mesure les effets de contingence dépendent de la *contiguïté temporelle* entre la présentation du stimulus prédictif et le stimulus cible. Nous avons manipulé le délai entre l'apparition des non-mots prédictifs et des mots de couleur cibles dans une série d'études. Dans nos trois premières études, le distracteur et la cible sont restés sur l'écran ensemble, mais ils ont commencé avec différents Stimulus Onset Asynchronies (SOAs). Dans l'Expérience 3, les SOAs étaient négatifs, ce qui signifie que le distracteur est apparu après la cible. Dans l'Expérience 4, la durée de présentation du distracteur a été fixée et nous avons manipulé l'Intervalle Inter-Stimulus (ISI), le temps entre la disparition du distracteur et l'apparition de la cible. Globalement, les résultats indiquent que les effets de contingence sont apparemment robustes pour une gamme de contiguïtés temporelles différentes. Autrement dit, l'effet de contingence ne semble pas varier en ampleur, notamment avec un large éventail d'asynchronies (SOA) ou d'intervalles inter-stimulus (ISI), entre -350 et 1200 ms SOA.

Dans un travail connexe avec l'apprentissage action-effet, Elsner et Hommel (2004) ont d'abord demandé aux participants de répondre aux flèches (pointant vers la gauche ou la droite) avec une touche gauche ou droite. Par la suite, chaque réponse était plus fréquemment suivie d'un son d'une hauteur différente (c.-à-d., un son le plus souvent après une réponse gauche et un son d'une hauteur différente le plus souvent après une réponse droite). Dans ce cas, l'apprentissage était entre une réponse et un résultat, plutôt qu'entre un stimulus et une réponse. Dans une deuxième phase, les participants ont répondu aux sons, soit avec des réponses qui étaient compatibles avec la formation initiale (p. ex., la réponse pour chaque son était la même que la réponse qui était généralement suivie par ce son) ou incompatible. Pendant la phase de test, les réponses ont été plus rapides et plus précises pour les appariements compatibles. Les auteurs ont également manipulé les asynchronies (50, 1000 et 2000 ms) et ils ont constaté que l'effet d'apprentissage n'était éliminé qu'avec des délais très longs (2000 ms).

Fait intéressant, ces résultats sont très différents de ceux des paradigmes de conflit, comme la tâche Stroop, où de subtiles variations de contiguïté temporelle réduisent considérablement les effets d'interférence (p. ex., Glaser & Glaser, 1982). Les résultats sont également très différents des études de contiguïté temporelle dans la recherche sur la perception causale, où des délais très courts sont nécessaires pour la perception causale (p. ex., Michotte et al., 1963). Bien que le travail soit actuellement limité, les résultats suggèrent que les indices prédictifs ont des influences plus durables à travers les intervalles. Cela peut avoir un certain sens. Dans le cas de Stroop, par exemple, les participants essaient activement d'éviter de lire des mots distracteurs afin d'éviter les interférences. Dans le paradigme d'apprentissage de contingence couleur-mot, en revanche, les mots « distracteurs » sont informatifs. Il est donc utile de maintenir la réponse prédite en mémoire lorsque les mots sont informatifs de la réponse probable. Cela concerne également les débats dans la littérature sur la mémoire traitant du rôle inhérent de la contiguïté temporelle dans le codage, c'est-à-dire si les mémoires sont intrinsèquement codées dans une séquence temporelle (Howard & Kahana, 2002 ; Howard, Shankar, Aue, & Criss, 2015) ou si les éléments sont liés entre eux d'une manière jugée utile pour une récupération ultérieure (Hintzman, 2016).

INDICES COMPOSÉS

Alors que certaines théories anciennes de l'apprentissage supposaient un apprentissage par éléments, c'est-à-dire que lorsque plusieurs stimuli sont présentés ensemble l'apprentissage est mis à jour séparément pour chaque stimulus individuellement (elemental ; Mackintosh, 1975 ; Pearce & Hall, 1980 ; Rescorla & Wagner, 1972), d'autres théories supposent un apprentissage basé sur les configurations des stimuli (configural ; Kinder & Lachnit, 2003 ; Pearce, 2002 ; Soto, Gershman, & Niv, 2014 ; Wagner, 2003). Dans des études avec des animaux et des humains dans des conditions d'apprentissage explicites, par exemple, les études de discrimination biconditionnelle examinent si les participants peuvent apprendre des contingences basées sur une combinaison de deux stimuli (Lober & Lachnit, 2002 ; Saavedra, 1975).

D'autres travaux ont porté sur l'apprentissage incident avec plus d'un indice non pertinent à la tâche. Dans un article de Mordkoff et Halterman

(2008) utilisant une variante du paradigme de contingence avec flanqueurs, les flanqueurs individuels non pertinents pour la tâche n'étaient pas prédictifs des réponses, mais leurs combinaisons l'étaient. Leur manipulation est présentée dans le Tableau V. Par exemple, pour un participant, les signes de croisillons (#) droits (qui n'utilisaient que des lignes horizontales et verticales) en bleu et les signes de croisillons inclinés (qui utilisaient des lignes inclinées à 45 degrés) en jaune ont été présentés le plus souvent avec la réponse gauche, alors que les signes de croisillons inclinés en bleu et les signes de croisillons droits en jaune ont été présentés le plus souvent avec la réponse droite. Ainsi, ni la couleur ni le type de croisillon n'est informatif de la réponse en soi, mais le sont en combinaison. Dans cette tâche particulière, les participants étaient également tenus de répondre aux cibles composées (p. ex., carré rouge ou diamant vert avec la touche gauche et diamant rouge ou carré vert avec la touche droite). Comme dans l'Expérience 3 de Miller (1987, voir le Tableau III), il y avait des cibles inducteur et des cibles diagnostic, mais ce détail est moins important aux fins actuelles. Les participants ont produit un effet d'apprentissage de contingence composé, avec des réponses plus rapides aux indices composés de forte contingence par rapport aux indices composés de faible contingence.

Tableau V. Manipulation de Mordkoff et Halterman (2008).

Table V. Manipulation of Mordkoff and Halterman (2008).

Cible	Flanquer Orientation / Couleur				Réponse
	#-droit		#-incliné		
	bleu	jaune	bleu	jaune	
□ en rouge	4	0	0	4	Gauche
◆ en vert	2	2	2	2	Gauche
□ en vert	0	4	4	0	Droite
◆ en rouge	2	2	2	2	Droite

Remarque : Les essais de forte contingence indiqués en gras.

Dans une étude récente de Schmidt et Lemerrier (2019), les participants ont répondu à la couleur des mots qui ont été présentés dans l'une de deux polices. Dans cette expérience, les cibles reflétaient une seule dimension (couleurs). Un exemple de la conception de leur Expérience 1 est illustré dans le Tableau VI. Les mots distracteurs étaient, à l'échelle de la tâche, seulement modérément prédictifs de deux des quatre couleurs cibles, alors que les polices n'étaient pas informatives du tout sur la

réponse des couleurs. Cependant, les composants d'un mot dans une police donnée étaient fortement prédictifs de la réponse cible. Par exemple, le mot « marron » dans la police Géorgie peut avoir été présenté le plus souvent en marron, tandis que le mot « marron » dans la police Arial peut avoir été présenté le plus souvent en bleu.

Tableau VI. Expérience 1 manipulation de contingence de Schmidt et Lemerrier (2019).

Table VI. Experiment 1 contingency manipulation of Schmidt and Lemerrier (2019).

Couleur	Police / Mot							
	Géorgie italique				Arial roman			
	marron	bleu	vert	rouge	marron	bleu	vert	rouge
marron	9	1	1	1	1	9	1	1
bleu	1	9	1	1	9	1	1	1
vert	1	1	1	9	1	1	9	1
rouge	1	1	9	1	1	1	1	9

En effet, cette expérience particulière a impliqué une manipulation de la congruence, avec des essais congruents (p. ex., « bleu » en bleu) et d'autres essais incongruents (p. ex., « bleu » en rouge). L'étude a également été partiellement conçue afin de répondre à certaines questions sur la spécificité du contexte dans le contrôle de l'attention (p. ex., voir Corballis & Gratton, 2003 ; Crump, Gong, & Milliken, 2006), pour lesquels aucune preuve n'a été trouvée. Dans tous les cas, l'expérience a également permis des tests d'apprentissage de contingence des indices composés (compound cues). En effet, les participants ont réagi plus rapidement aux essais de forte contingence, comme « marron » en bleu dans la police Arial, qu'aux appariements de faible contingence, comme « rouge » en bleu dans la police Géorgie. Il convient de noter que ces types d'essais ont été appariés pour la congruence (tous incongruents) et la proportion de congruence (tous pour la plupart incongruents dans le contexte), alors que les autres essais congruents et surtout congruents présentent moins d'intérêt pour le présent sujet.

Globalement, les deux axes de recherche mentionnés ci-dessus démontrent que non seulement des stimuli uniques, mais aussi leurs combinaisons, peuvent produire un apprentissage robuste. Un apprentissage similaire avec plusieurs indices est également observé dans d'autres types d'études d'apprentissage. Par exemple, dans une tâche d'apprentissage de

séquences, il est toujours possible de trouver un conditionnement de second ordre (p. ex., Cohen, Ivry, & Keele, 1990 ; Reed & Johnson, 1994). Plus précisément, le stimulus suivant dans une séquence n'est pas prévisible sur la base du stimulus immédiatement précédent (p. ex., les Stimuli 1, 2 et 3 sont également probables après le Stimulus 4), mais le stimulus suivant est parfaitement prévisible sur la base des deux derniers stimuli (p. ex., après Stimulus 1 puis 4, le stimulus suivant est toujours Stimulus 3, alors qu'après Stimulus 2 puis 4, le stimulus suivant est toujours Stimulus 1, etc.).

Fait intéressant, les participants peuvent non seulement utiliser des conjonctions de stimuli pour prédire les réponses à venir (liées à l'occasion setting ; p. ex., voir Fraser & Holland, 2019 ; Holland, 1992), mais ces connaissances des indices composés peuvent être acquises et peuvent influencer le comportement relativement automatiquement dans un environnement d'apprentissage incident.

COMPÉTITION ENTRE INDICES ET APPRENTISSAGE INCIDENT

Les participants peuvent apprendre des régularités basées sur des indices composés. Cependant, dans certaines situations, la présentation simultanée de deux stimuli ou plus produit une *compétition entre indices* (cue competition). *L'ombrage* (overshadowing), par exemple, se produit lorsque l'apprentissage de la relation entre un stimulus, souvent appelé Stimulus X, et un résultat apparié est altéré par la présentation simultanée d'un autre stimulus, souvent appelé Stimulus A (Pavlov, 1927). Par exemple, alors qu'un rat peut normalement apprendre à appuyer sur un levier pour une récompense alimentaire chaque fois qu'un son est joué, il peut ne pas apprendre la relation entre le son et la nourriture quand une lumière (A) et le son (X) sont toujours présentés ensemble comme des prédicteurs de la nourriture. *Le blocage* (blocking) se produit lorsque l'apprentissage initial de la relation entre le Stimulus A (p. ex., la lumière) et un résultat nuit à l'apprentissage ultérieur de la relation entre le Stimulus X (p. ex., son) et le même résultat lorsque A et X sont présentés ensemble (Kamin, 1969).

Il existe un certain nombre d'hypothèses pour expliquer les phénomènes de compétition entre indices tels que l'ombrage et le blocage (p. ex.,

Mackintosh, 1975 ; Pearce & Hall, 1980 ; Rescorla & Wagner, 1972 ; Sutherland & Mackintosh, 1971), mais le point clé est que la connaissance de la relation entre le Stimulus A et le résultat nuit à l'apprentissage de la relation entre Stimulus X et le résultat. Les études de compétition entre indices typiques chez l'homme impliquent des objectifs d'apprentissage plutôt explicites (p. ex., Chapman & Robbins, 1990 ; Dickinson, Shanks, & Evenden, 1984 ; Gluck & Bower, 1988 ; Le Pelley & McLaren, 2001). Ainsi, Schmidt et De Houwer (2019b) ont utilisé le paradigme d'apprentissage de contingence couleur-mot pour examiner si les effets d'ombrage et de blocage peuvent être observés au cours de l'apprentissage incident (c.-à-d., où l'apprentissage délibéré n'est pas l'objectif de la tâche). Pour les « Stimulus A » et « Stimulus X », nous avons utilisé des mots et des formes neutres (respectivement ou vice versa), avec une couleur d'impression cible. Cela nous a permis d'avoir : (a) des essais de mots-seulement (avec les mots colorés, mais pas de formes), (b) des essais de formes-seulement (formes colorées, mais pas de mots), et (c) des essais d'indices composés (avec à la fois un mot et une forme ensemble dans une couleur).

Dans une expérience d'ombrage, les participants ont vu des mots et des formes composés en couleur (ombrage) ou seulement des mots colorés (mots-seulement) ou seulement des formes colorées (formes-seulement). Comme présenté dans le Tableau VII, chaque mot, forme ou composé de forme et de mot a été présenté le plus souvent dans une couleur, comme dans le paradigme typique d'apprentissage de contingence couleur-mot. Après la phase d'entraînement, il y avait une phase de test, durant laquelle nous avons regardé s'il y avait un effet de contingence pour les mots et/ou pour les formes. Les résultats de cette phase de test sont présentés dans la Figure 6. Nous n'avons pas observé d'effet d'ombrage. Au lieu de cela, nous avons observé des effets de contingence tout aussi importants pour les dimensions qui ont été apprises pour les composés que pour les stimuli qui ont été appris tout seul. De même, dans une autre expérience, nous n'avons pas observé de blocage. Cela se traduit par des effets de contingence tout aussi importants tant pour la dimension initialement entraînée (« bloqueuse » ; par exemple, les mots) que pour la deuxième dimension (« bloquée » ; p. ex., les formes). Fait intéressant, les effets de compétition entre indices ont seulement été observés dans les temps de réponse ou les erreurs lorsque nous avons, en début d'expérience, explicitement demandé aux participants d'essayer d'apprendre les contingences (ou lorsque nous avons testé des jugements de contingence explicites moins automatiques). Ceci est cohérent avec une autre étude qui a testé les effets de compétition automatique d'indices après un entraînement intentionnel (Morís, Cobos, Luque, & López,

2014) et les échecs à observer le blocage dans l'apprentissage purement incident (Beesley & Shanks, 2012).

Tableau VII. Manipulation de Schmidt et De Houwer (2019b), Expérience 1.

Table VII. Manipulation of Schmidt and De Houwer (2019b), Experiment 1.

Cible	Mot et/ou Forme							
	regarde	porte	saute			regarde+	porte+	saute+
Entraînement								
mots-seulement								
bleu	8	1	1					
rouge	1	8	1					
vert	1	1	8					
formes-seulement								
bleu			8	1	1			
rouge			1	8	1			
vert			1	1	8			
indices-composés								
bleu					8	1	1	
rouge					1	8	1	
vert					1	1	8	
Test								
tous les groupes								
bleu	1	1	1	1	1	1		
rouge	1	1	1	1	1	1		
vert	1	1	1	1	1	1		

Remarque : Les essais de forte contingence indiqués en gras.

Collectivement, les résultats suggèrent que les effets de la compétition entre indices, comme le blocage et l'ombrage, exigent un raisonnement explicite sur les contingences de la tâche (p. ex., voir De Houwer, Beckers, & Vandorpe, 2005 ; Lovibond, 2003 ; Vandorpe & De Houwer, 2005). Lorsque l'apprentissage est purement incident et que nous testons les influences automatiques de la compétition entre indices (p. ex., dans les temps de réponse et les erreurs), la compétition entre indices ne

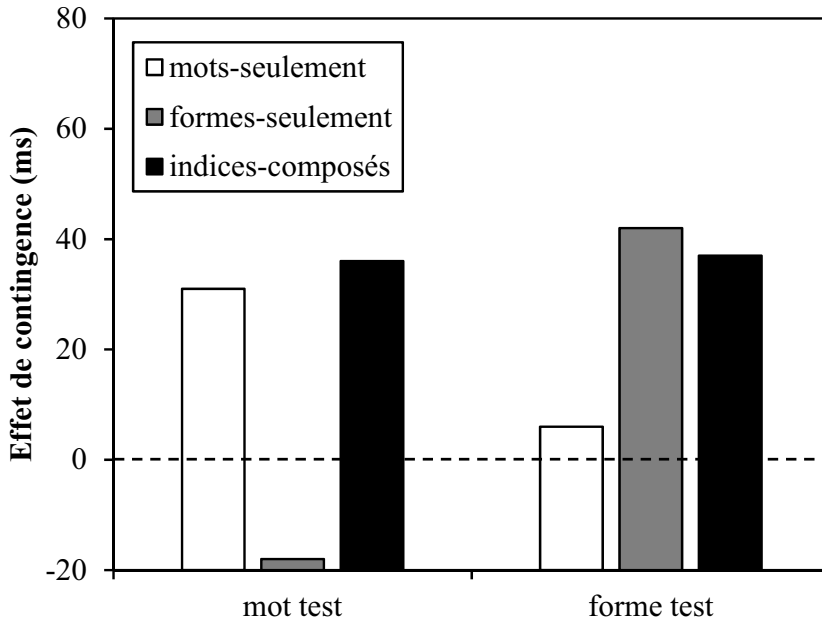


Figure 6. Résultats de la phase de test de Schmidt et De Houwer (2019b), Expérience 1.

Figure 6. Results of the test phase of Schmidt and De Houwer (2019b), Experiment 1.

semble pas être présente. Au lieu de cela, l'apprentissage robuste est observé même pour les stimuli « masqués » ou « bloqués ».

Au niveau conceptuel, ces résultats sont intéressants car ils suggèrent que les effets de la compétition entre indices ne sont pas un résultat automatique de la formation d'associations, comme pourraient le laisser entendre de nombreuses théories conceptuelles de la compétition entre indices. Par exemple, dans le modèle de Rescorla-Wagner (Rescorla & Wagner, 1972), les forces d'association ne sont pas adaptées lorsque le résultat est déjà attendu. Au lieu de cela, les résultats suggèrent que les effets de la compétition entre indices résultent d'un raisonnement explicite sur les régularités (p. ex., « je sais déjà que le Stimulus A prédit le résultat ; maintenant, je vois les Stimulus A et X avec le résultat ; donc, je ne sais pas si le Stimulus X aide du tout »). Il s'agit en fait d'une conclusion rationnelle.

APPRENTISSAGE ET LIAISON

Une autre question importante fréquemment discutée dans la littérature sur l'apprentissage statistique est la relation entre la liaison et l'apprentissage. En particulier dans la littérature sur l'apprentissage des langues, de nombreux modèles influents ont exploré la façon dont les informations sont analysées en unités (p. ex., comment les mots sont analysés à partir d'un flux de parole continu). Ces modèles d'apprentissage statistique détectent des clusters ou des « chunks » d'informations associées (Frank, Goldwater, Griffiths, & Tenenbaum, 2010 ; French, Addyman, & Mareschal, 2011 ; Giroux & Rey, 2009 ; Orbán, Fiser, Aslin, & Lengyel, 2008 ; pour des revues, voir Perruchet & Vinter, 1998 ; Perruchet, 2019 ; Perruchet & Pacton, 2006 ; Thiessen et al., 2013), contrairement à d'autres modèles qui apprennent les probabilités de transition (p. ex., Mirman, Estes, & Magnuson, 2010 ; pour une comparaison, voir Perruchet & Peereman, 2004). De telles théories varient dans leurs hypothèses sur la façon dont les clusters sont créés (p. ex., l'activation de segments compétitifs, l'inférence bayésienne, etc.), mais supposent que des représentations discrètes des informations associées sont stockées. Le « chunking » et l'apprentissage peuvent être considérés comme deux processus fondamentalement distincts, mais il n'est pas nécessaire qu'ils le soient (Thiessen et al., 2013). Une question liée est de savoir dans quelle mesure l'influence des liaisons récentes sur le comportement est identique ou dissociable de l'influence des régularités à l'échelle de la tâche.

La *liaison* (binding) fait référence au lien entre les expériences des stimuli et des réponses dans les traces mnésiques (Hommel, 1998, 2004 ; Hommel, Musseler, Aschersleben, & Prinz, 2001 ; Logan, 1988). Les événements récents ont des influences particulièrement importantes sur le comportement actuel (Grant & Logan, 1993). Les procédures de liaison étudient l'influence des expériences récentes de stimulus-réponse. Par exemple, dans le paradigme de liaison distracteur-réponse (p. ex., Frings, Rothermund, & Wentura, 2007 ; Rothermund, Wentura, & De Houwer, 2005), les participants identifient une cible (p. ex., la couleur d'un mot) tout en ignorant un stimulus distracteur (p. ex., le mot lui-même). La répétition ou l'alternance du stimulus et/ou de la réponse d'un essai à l'autre produit un *effet de liaison*, comme illustré en Figure 7. Plus précisément, quand la cible (et donc la réponse) est répétée, répéter également le mot (répétition complète) conduit à des réponses beaucoup plus rapides par rapport aux essais où le mot change (répétition partielle). En revanche, lorsque la cible / réponse change, répéter le mot (répétition

partielle) produit un léger coût par rapport aux essais où le mot change (alternance complète). C'est l'interaction entre la relation de stimulus (répétition vs alternance) et la relation de réponse (répétition vs alternance) que nous appelons l'effet de liaison.

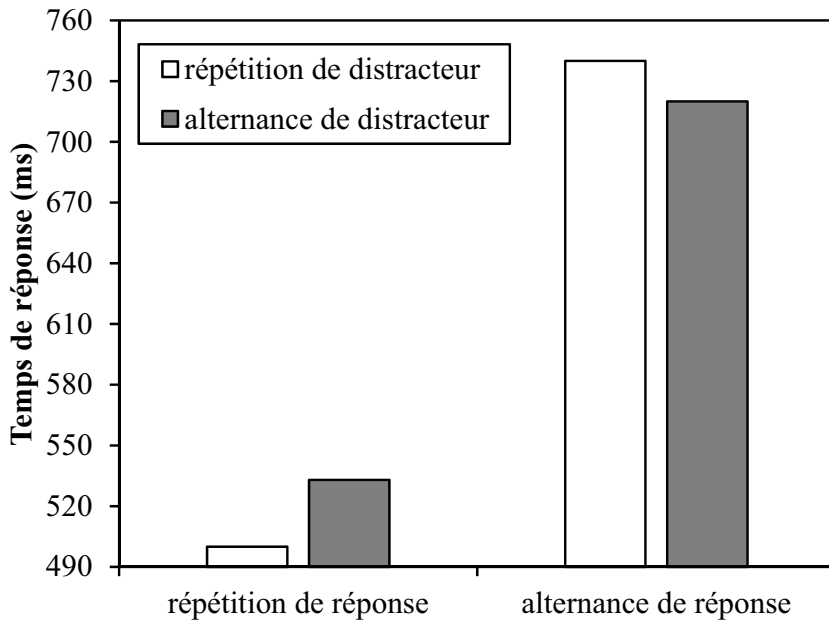


Figure 7. Résultats de Frings et al. (2007), Expérience 1a, illustrant l'interaction de liaison standard.

Figure 7. Results of Frings et al. (2007), Experiment 1a, illustrating the standard binding interaction.

Il est souvent avancé que les effets de liaison sont causés par des « fichiers d'événements » (event files) qui sont conceptualisés comme des liens temporaires entre les stimuli et les réponses dans la mémoire à court terme (Hommel, 1998, 2004 ; Hommel et al., 2001). Étant donné que ces fichiers d'événements se décomposent rapidement (Stoet & Hommel, 1999), les effets sont de courte durée, n'influençant que les performances dans les essais successifs immédiatement (ou presque immédiatement). Cela contraste avec les effets d'apprentissage, qui sont souvent conceptualisés en termes d'associations stockées dans la mémoire à long terme et qui sont progressivement renforcées par l'apprentissage (Colzato, Raffone, & Hommel, 2006 ; Hommel & Colzato, 2009). Cependant, dans un article

de modélisation computationnelle, Schmidt, De Houwer, et Rothermund (2016) ont avancé l'idée que les effets de liaison et d'apprentissage pourraient plutôt être conceptualisés comme, respectivement, les conséquences à court et à long terme des mêmes processus d'apprentissage (voir aussi, Frings et al., 2020). Par exemple, après avoir vu « bouge » en bleu, le lien entre « bouge » et bleu est renforcé (p. ex., avec une nouvelle trace mnésique ou un lien associatif augmenté). Cela facilitera, par exemple, la réponse au prochain essai si les mêmes stimuli (« bouge » en bleu) sont présentés (effet de liaison). Ainsi, dans cette conceptualisation, les effets de liaison sont dus à l'influence puissante d'une mise à jour récente dans l'apprentissage, alors que les effets d'apprentissage sont simplement dus à une accumulation de ces mises à jour sur plusieurs essais. Dit autrement, l'effet cumulé de nombreuses liaisons individuelles est l'effet de contingence. En effet, les effets de liaison sont « confondus » avec les contingences. Par exemple, les répétitions complètes d'un stimulus de forte contingence (p. ex., « bouge » en bleu) se produiront beaucoup plus fréquemment que les répétitions complètes d'un stimulus de faible contingence (p. ex., « bouge » en rouge). En effet, si « bouge » est présenté fréquemment en bleu, cela rend une séquence de « bouge » en bleu suivie de « bouge » en bleu relativement courante. Cependant, si « bouge » est rarement présenté en rouge, il sera donc extrêmement rare de voir « bouge » en rouge deux fois de suite.

Deux articles récents (Giesen, Schmidt, & Rothermund, 2020 ; Schmidt, Giesen, & Rothermund, 2020) ont examiné si les effets d'apprentissage de contingence et les effets de liaison à court terme pouvaient être expliqués de manière cohérente par un seul mécanisme. Avec l'utilisation de techniques différentes, nous avons cherché à déterminer si l'effet d'apprentissage de contingence couleur-mot peut être décomposé en effets de liaison d'un certain nombre d'essais précédents (p. ex., Essai $n-1$, $n-2$, etc.). Autrement formulé, nous avons cherché à savoir si « l'effet d'apprentissage » est plus que la simple influence conjointe de nombreuses liaisons antérieures (pour une approche antérieure mais sous-optimale de la même question, voir Schmidt et al., 2010). La relation présumée est une courbe de puissance, comme illustrée à gauche dans la Figure 8. Le contrôle de la condition liaison (c.-à-d., répétition complète, répétition partielle, etc.) pour les essais avec une antériorité (lag) plus marquée (p. ex., $n-1$, $n-1$ et $n-2$, $n-1$ à $n-3$, etc.) devrait laisser de moins en moins de place à un effet de contingence. Les événements récents devraient avoir une influence particulièrement importante sur la performance, car ces traces mnésiques sont les plus accessibles. L'effet de contingence diminuera donc beaucoup après avoir contrôlé l'effet de

liaison de $n-1$, un peu plus après avoir contrôlé les effets de liaison de $n-1$ et $n-2$, etc. Par contre, si les effets de liaison ne survivent pas à plus d'un ou deux essais et qu'il existe un effet de contingence unique, nous anticiperions une courbe comme indiqué à droite de la Figure 8. Si les effets de contingence et de liaison sont complètement orthogonaux, nous anticiperions une ligne droite (c.-à-d., aucune réduction de l'effet de contingence). Bien qu'un peu plus compliqués que ceux présentés dans la Figure 8, nos résultats sont consistants avec l'idée que la majorité de l'effet de contingence peut s'expliquer par une accumulation de nombreuses liaisons. Notez que l'influence rapidement décroissante des événements de plus en plus anciens est également compatible avec les taux d'apprentissage rapides observés dans la tâche : des ajustements importants aux stimuli tout juste rencontrés devraient produire l'apprentissage rapide et également l'ajustement rapide aux changements dans des contingences.

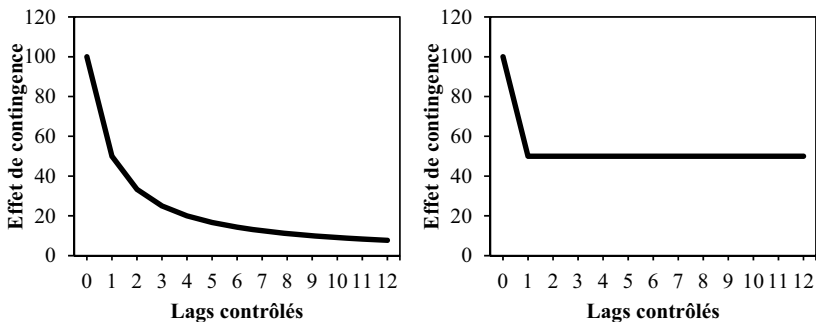


Figure 8. (gauche) Relation entre l'apprentissage et la liaison selon une vision intégrative. Le contrôle des liaisons des essais antérieurs réduit l'effet principal restant de la contingence. Les événements récemment codés ont des influences plus puissantes sur la performance que les souvenirs plus anciens. (droite) Même relation selon une vision non intégrative.

Figure 8. (left) Relation between learning and binding according to an integrative view. Controlling for previous-trial bindings reduces the remaining main effect of contingency. Recently coded events have more powerful influences on performance than older memories. (right) Same relation according to a non-integrative view.

D'autres recherches, cependant, suggèrent des dissociations potentielles entre l'apprentissage et les effets de liaison. Par exemple, une série d'études de Colzato, Raffone, et Hommel (2006 ; voir aussi, Hommel & Colzato, 2009) ont montré que les effets de liaison entre stimuli (mais pas entre stimuli et réponses) n'ont pas montré les modulations d'effets

de liaison en fonction de la présence ou absence d'associations existantes ou récemment apprises entre les stimuli. C'est-à-dire qu'il n'y a pas d'interactions entre les effets de liaison et de l'apprentissage. Les auteurs ont supposé que si les effets de liaison et de contingence étaient dus aux mêmes mécanismes, alors ils interagiraient (mais voir, Schmidt, Giesen, et al., 2020). Ils ont donc interprété leurs résultats comme la preuve de différents mécanismes sous-jacents d'apprentissage et de liaison.

Dans le même contexte, une autre série d'études par Moeller et Frings (2017a) est particulièrement intéressante. Ces auteurs ont utilisé une variante du paradigme de contingence avec flanqueurs dans lequel les flanqueurs ont été présentés à l'avance des cibles (parfois appelé le paradigme flanqueur temporel). Dans un bloc, les flanqueurs prédisaient les cibles (comme dans J. Miller, 1987) et un effet de contingence a été mesuré. Dans un autre bloc, les flanqueurs n'étaient pas prédictifs des cibles et un effet de liaison a été mesuré. Fait intéressant, les effets de liaison étaient plus importants lorsque les flanqueurs étaient orientés horizontalement avec les cibles (c.-à-d., flanqueur à gauche et à droite de la cible) que lorsqu'ils étaient orientés verticalement (c.-à-d., flanqueur au-dessus et en dessous de la cible). Cela a été interprété comme résultant d'une liaison plus forte entre les lettres organisées horizontalement et un meilleur filtrage des flanqueurs organisés verticalement. L'effet de contingence, cependant, n'a pas été influencé par l'organisation des flanqueurs. En outre, les auteurs ont constaté des effets de contingence plus importants avec un long délai entre l'apparition des flanqueurs et de la cible, mais un effet de liaison plus important avec un délai plus court. Cela a été interprété comme indiquant que la liaison est plus forte pour les stimuli présentés proches dans le temps, tandis que le temps de préparation plus important permet une utilisation plus puissante des connaissances de contingence. Dans les deux cas, ces dissociations suggèrent que des effets de liaison et d'apprentissage peuvent exister sur des processus (entièrement ou partiellement) sans chevauchement.

D'autres interprétations de ces résultats dans une vue de mécanisme unitaire pourraient être possibles (voir Schmidt, Giesen, et al., 2020, pour une discussion), mais d'autres travaux sont nécessaires pour explorer dans quelle mesure l'apprentissage et la liaison sont ou ne sont pas dus aux mêmes processus et, s'ils sont différents, comment les deux interagissent l'un avec l'autre (Giesen & Rothermund, 2015 ; Moeller & Frings, 2017b). Par exemple, Giesen et Rothermund ont utilisé une procédure de liaison distracteur-réponse dans laquelle les répétitions de stimulus étaient : (a) prédictives de répétitions de réponse (c.-à-d., que la répétition du distracteur indiquait que la répétition de la cible était susceptible de se répéter

également), (b) prédictives des changements de réponse (c.-à-d., la répétition du distracteur a indiqué qu'une réponse différente était probable), ou (c) non prédictives. Ils ont constaté que les effets de liaison étaient plus importants lorsque les distracteurs prédisaient des répétitions de réponse et plus petits lorsque les distracteurs prédisaient des changements de réponse. De tels résultats pourraient être considérés comme une forme complexe d'apprentissage séquentiel ou comme le résultat de processus d'apprentissage modifiant des processus de liaison.

CONCLUSION

Cette revue (voir aussi MacLeod, 2019) a fourni des éléments d'enquête sur les travaux de recherche utilisant la procédure d'apprentissage de contingence couleur-mot, ainsi que ceux utilisant de paradigmes similaires. Cette procédure s'est avérée être un outil très utile pour étudier l'apprentissage de contingence dans un contexte d'acquisition incident d'une manière simple. En effet, reflet de simples procédures d'apprentissage pavloviennes à partir de modèles animaux, la tâche ne nécessite qu'une simple manipulation des fréquences d'appariement entre une cible (ou plusieurs) et un stimulus distracteur, tout en évitant certaines des complications de procédures plus élaborées (p. ex., si les participants apprennent des parties ou de séquences complètes dans l'apprentissage par séquence ; Perruchet & Amorim, 1992 ; Perruchet et al., 1997 ; pour une revue, voir Perruchet, 2019 ; Perruchet & Pacton, 2006 ; Thiessen et al., 2013). L'effet d'apprentissage mis en évidence avec la tâche est assez surprenant et robuste. Les effets observés semblent être principalement dus à des associations entre stimuli et réponses (plutôt qu'entre stimuli), sensibles aux fréquences des appariements d'items (c.-à-d., plus la fréquence de cooccurrence est élevée, plus les réponses sont rapides) et résistantes aux retards entre le début d'un stimulus prédictif et la cible éventuelle.

L'apprentissage dans la procédure est extrêmement rapide et adaptatif aux changements de proportions de contingence. Cela suggère un taux d'apprentissage très rapide, qui est également compatible avec les puissantes influences des expériences récentes. Entre autres choses, cela a conduit à l'idée intéressante que l'apprentissage des régularités et des effets de liaison plus transitifs pourraient être dus aux mêmes mécanismes d'apprentissage (Schmidt et al., 2016). Dans la littérature des habitudes

(K. J. Miller, Shenhav, & Ludvig, 2019 ; Wood, 2017 ; Wood & R nger, 2016), la *loi de l'exercice* propose que les habitudes apprises émergent du simple fait de répéter sans cesse le même comportement dans la même situation (Thorndike, 1911). Cette loi, comme la plupart des conceptualisations de l'apprentissage, se concentre sur l'extraction des régularités entre les événements (c.- -d., quels événements ont *tendance*   aller ensemble). Les changements étonnamment adaptatifs aux événements récents ont conduit Giesen et ses collègues (2020)   suggérer une autre loi : la *loi de la récence*, qui stipule que le fait d'avoir exécuté un comportement dans une situation spécifique augmente la probabilité d'exécuter à nouveau le même comportement lorsque la même situation se produit.

En plus de la vitesse d'apprentissage, les effets observés dans le paradigme d'apprentissage de contingence couleur-mot semblent partager d'autres caractéristiques de l'automaticité (Bargh, 1994 ; Moors & De Houwer, 2006). Par exemple, la prise de conscience des contingences ne semble pas nécessaire à l'apprentissage. De plus, la sensibilisation ne semble pas être fortement corrélée à l'ampleur de l'effet. L'apprentissage est également accessoire à l'objectif principal de la tâche. C'est-à-dire que les participants n'ont pas d'objectif explicite pour apprendre les correspondances mot-couleur, mais ils le font quand même. L'apprentissage semble donc être, dans une large mesure, de nature implicite, bien que la procédure puisse être facilement adaptée à l'étude de l'apprentissage délibéré avec un simple changement d'instructions. La connaissance explicite et expliquée des contingences ou des objectifs d'apprendre intentionnellement influe effectivement sur l'apprentissage. Ensemble, les résultats semblent cohérents avec les « quatre cavaliers de l'automaticité » de Bargh (1994) : inconscients, involontaires, efficaces et contrôlables.

Nous avons conceptualisé les résultats de la tâche en termes de mémoire exemplaire (ou instance ou épisodique) : chaque nouvel  v nement est codé comme une nouvelle trace mémoire (voir aussi, Hintzman, 1984, 1986, 1988 ; Nosofsky, 1988a, 1988b ; Nosofsky & Palmeri, 1997 ; Nosofsky, Little, Donkin, & Fific, 2011 ; Medin & Schaffer, 1978 ; Logan, 1988). Dans cette conceptualisation, les participants n'ont pas nécessairement besoin d'apprendre les *régularités* de la tâche, mais uniquement les événements d'essai individuels. Les effets d'apprentissage émergent de la récupération basée sur la similitude. Par exemple, si le mot « bouge » est présenté le plus souvent en bleu, alors la plupart des traces de mémoire de « bouge » seront liées à une réponse bleue. La présentation de « bouge » conduira donc à un biais de récupération en faveur d'une réponse bleue. Cette idée a été mise en œuvre dans un modèle d'apprentissage de réseau de neurones artificiels que nous avons largement appliqué à divers

domaines de recherche : l'entraînement, l'apprentissage de contingence, le timing, la liaison, le contrôle attentionnel, le changement de tâche (task switching) et la mise en œuvre des instructions (p. ex., Schmidt, Liefooghe, & De Houwer, in press ; Schmidt et al., 2016). Il est difficile de savoir s'il est même possible de faire la distinction entre les théories de l'apprentissage basées sur la « force » des associations et les exemplaires, parce que leurs prédictions sont souvent identiques (Barsalou, 1990). En effet, il est tout à fait possible de considérer ces deux vues comme des abstractions conceptuelles différentes des mêmes mécanismes neuronaux sous-jacents.

Certaines autres théories de l'apprentissage proposent que l'apprentissage soit basé sur un *raisonnement propositionnel* (Mitchell, De Houwer, & Lovibond, 2009). Cette vue suggère que les concepts ne se lient pas simplement de manière associative automatiquement. Au lieu de cela, les concepts sont liés entre eux de manière structurée et relationnelle. Personne n'est en désaccord avec l'idée que de tels processus de raisonnement contribuent à l'apprentissage, mais nous supposons généralement que l'apprentissage automatique, même implicite, contribue également à l'apprentissage (p. ex., McLaren, Green, & Mackintosh, 1994). Cela se reflète dans les *modèles à deux processus* qui supposent deux systèmes (p. ex., Gawronski & Bodenhausen, 2006 ; Sloman, 1996 ; Strack & Deutsch, 2004) : l'un explicite et basé sur le raisonnement, l'autre implicite, automatique et basé sur l'association. Ce débat se poursuit depuis longtemps et il est peu probable que tous les lecteurs soient convaincus, mais il semble difficile de concilier les résultats du paradigme d'apprentissage de contingence couleur-mot avec l'idée que l'apprentissage est exclusivement basé sur le raisonnement.

La procédure est également un outil utile dans l'analyse des phénomènes d'apprentissage tels que traditionnellement étudiés chez les animaux ou dans l'apprentissage humain explicite, par exemple, les effets de la compétition entre indices, l'apprentissage des indices composés (ou « occasion setting »), et le réapprentissage. Le paradigme s'est révélé non seulement utile pour reproduire simplement de tels phénomènes dans un autre paradigme, mais aussi pour répondre aux questions sur la provenance de ces observations d'un raisonnement explicite ou sur leur émergence dans des conditions d'apprentissage incidentes. Par exemple, nous n'avons observé des effets de compétition entre les indices, comme le blocage et l'ombrage, que lorsque l'apprentissage était intentionnel. Cela pourrait suggérer que ces derniers effets ne sont pas un simple résultat

des règles d'association, mais plutôt des décisions prises au sujet des régularités apprises (p. ex., « Oui, Stimulus X est appairé souvent avec le résultat, mais cela peut être dû à la présence du Stimulus A »). Cela peut sembler incompatible avec plusieurs explications populaires concernant les effets de compétition entre indices. Par exemple, le modèle de Rescorla-Wagner (Rescorla & Wagner, 1972) suggère que dans une phase de blocage, les associations ne se forment pas (aussi fortement) entre le Stimulus X et le résultat en raison des associations préexistantes entre le Stimulus A et le résultat. De même, d'autres théories suggèrent que les participants réduisent leur attention au Stimulus X (e.g., Mackintosh, 1975). Nos résultats suggèrent que l'apprentissage se produit automatiquement, mais l'influence de cet apprentissage sur le comportement dépend du raisonnement sur la signification des associations. Cela est conforme, par exemple, aux comptes rendus basés sur la récupération (e.g., Kaufman & Bolles, 1981 ; Matzel, Schachtman, & Miller, 1985). Il y a une discussion continue sur les conditions dans lesquelles les effets de la compétition entre indices se produisent. Par exemple, l'ombrage est réduit avec une formation prolongée (S. Stout, Arcediano, Escobar, & Miller, 2003), une présentation plus longue des indices (Urushmara & Miller, 2007), un espacement d'essai court (S. C. Stout, Chang, & Miller, 2003) et des manipulations de contingence plus faibles (Urcelay & Miller, 2006). Il y a également eu un débat récent sur les conditions dans lesquelles le blocage se produit (Maes et al., 2016, 2018 ; Soto, 2018), de nombreuses études n'ayant pas produit l'effet.

La procédure a également conduit à de nouvelles orientations dans la modélisation de la performance humaine et la relation de l'apprentissage des régularités à d'autres phénomènes tels que les effets de liaison, l'apprentissage catégoriel et le conditionnement évaluatif. Bien qu'elle n'ait pas été discutée dans la présente revue, la procédure a également inspiré des travaux illustrant la confusion due à des régularités contingentes lorsque les chercheurs ont un objectif d'étude différent. Lorsque les fréquences de stimuli sont involontairement biaisées, un effet d'apprentissage peut émerger et être mal interprété comme un effet d'un autre processus cognitif, comme le contrôle attentionnel (pour des revues, voir Schmidt, 2013, 2019 ; et pour certaines solutions, voir Braem et al., 2019).

Bien que beaucoup ait déjà été fait avec le paradigme d'apprentissage de contingence couleur-mot et d'autres variantes de cette tâche, il reste encore beaucoup à découvrir. Par exemple, une nouvelle direction actuellement explorée dans notre laboratoire est l'extension de la tâche à un contexte d'apprentissage musical (Iorio, Šaban, Poulin-Charronnat, &

Schmidt, 2020). Par exemple, les musiciens débutants apprennent à lire la portée musicale assez lentement au cours de leur formation musicale (Hubicki & Miles, 1991), mais notre objectif est d'explorer si le même type d'acquisition rapide observée dans nos procédures d'apprentissage incident peut également être généré avec une procédure d'apprentissage à l'échelle de la musique (Grégoire, Perruchet, & Poulin-Charronnat, 2013, 2014a, 2014b, 2015). Beaucoup d'autres adaptations pourraient être imaginées pour d'autres situations expérimentales et appliquées (p. ex., l'acquisition de la langue), laissant place à de nombreuses, nouvelles et passionnantes directions pour la recherche dans l'avenir.

RÉFÉRENCES

- Allenmark, F., Moutsopoulou, K., & Waszak, F. (2015). A new look on S-R associations: How S and R link. *Acta Psychologica, 160*, 161-169.
- Altarriba, J., & Mathis, K. M. (1997). Conceptual and lexical development in second language acquisition. *Journal of Memory and Language, 36*, 550-568.
- Atalay, N. B., & Misirlisoy, M. (2012). Can contingency learning alone account for item-specific control? Evidence from within- and between-language ISPC effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 38*, 1578-1590.
- Badre, D., Kayser, A. S., & D'Esposito, M. (2010). Frontal cortex and the discovery of abstract action rules. *Neuron, 66*, 315-326.
- Baeyens, F., Eelen, P., Crombez, G., & van den Bergh, O. (1992). Human evaluative conditioning: Acquisition trials, presentation schedule, evaluative style and contingency awareness. *Behaviour Research and Therapy, 30*, 133-142.
- Baeyens, F., Eelen, P., & Van den Bergh, O. (1990). Contingency awareness in evaluative conditioning: A case for unaware affective-evaluative learning. *Cognition & Emotion, 4*, 3-18.
- Bargh, J. A. (1994). The four horsemen of automaticity: Awareness, efficiency, intention, and control in social cognition. In R. S. J. Wyer & T. K. Srull (Eds.), *Handbook of Social Cognition* (pp. 1-40). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Barsalou, L. W. (1990). On the indistinguishability of exemplar memory and abstraction in category representation. In T. K. Srull & R. S. Wyer Jr. (Eds.), *Advances in social cognition, Volume III: Content and process specificity in the effects of prior experiences* (pp. 61-88). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Beesley, T., & Shanks, D. R. (2012). Investigating cue competition in contextual cuing of visual search. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 38*, 709-725.
- Berry, D. C., & Broadbent, D. E. (1984). On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 36A*, 209-231.

- Berry, D. C., & Broadbent, D. E. (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, 79, 251-272.
- Botvinick, M. M. (2008). Hierarchical models of behavior and prefrontal function. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 201-208.
- Brady, T. F., & Oliva, A. (2008). Statistical learning using real-world scenes: Extracting categorical regularities without conscious intent. *Psychological Science*, 19, 678-685.
- Braem, S., Bugg, J. M., Schmidt, J. R., Crump, M. J. C., Weissman, D. H., Notebaert, W., & Egner, T. (2019). Measuring adaptive control in conflict tasks. *Trends in Cognitive Sciences*, 23, 769-783.
- Brehmer, B. (1992). Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta Psychologica*, 91, 211-241.
- Brent, M. R., & Cartwright, T. A. (1996). Distributional regularity and phonotactic constraints are useful for segmentation. *Cognition*, 61, 93-125.
- Buehner, M. J. (2005). Contiguity and covariation in human causal inference. *Learning & Behavior*, 32, 230-238.
- Carlson, K. A., & Flowers, J. H. (1996). Intentional versus unintentional use of contingencies between perceptual events. *Perception & Psychophysics*, 58, 460-470.
- Chapman, G. B., & Robbins, S. J. (1990). Cue interaction in human contingency judgment. *Memory & Cognition*, 18, 537-545.
- Chun, M. M., & Jian, Y. H. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, 36, 28-71.
- Cleeremans, A. (1997). Principles for implicit learning. In D. Berry (Ed.), *How implicit is implicit learning?* (pp. 196-234). Oxford: Oxford University Press.
- Cleeremans, A., Destrebecqz, A., & Boyer, M. (1998). Implicit learning: News from the front. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 406-416.
- Cleeremans, A., & McClelland, J. L. (1991). Learning the structure of event sequences. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 235-253.
- Cohen, A., Ivry, R. I., & Keele, S. W. (1990). Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 17-30.
- Colzato, L. S., Raffone, A., & Hommel, B. (2006). What do we learn from binding features? Evidence for multilevel feature integration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 705-716.
- Corballis, P. M., & Gratton, G. (2003). Independent control of processing strategies for different locations in the visual field. *Biological Psychology*, 64, 191-209.
- Cosman, J. D., Mordkoff, J. T., & Vecera, S. P. (2016). Stimulus recognition occurs under high perceptual load: Evidence from correlated flankers. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42, 2077-2083.
- Crump, M. J. C., Gong, Z. Y., & Milliken, B. (2006). The context-specific proportion congruent Stroop effect: Location as a contextual cue. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 316-321.
- De Houwer, J. (2003). On the role of stimulus-response and stimulus-stimulus compatibility in the Stroop effect. *Memory & Cognition*, 31, 353-359.
- De Houwer, J. (2007). A conceptual and theoretical analysis of evaluative conditioning. *Spanish Journal of Psychology*, 10, 230-241.
- De Houwer, J., Beckers, T., & Vandorpe, S. N. (2005). Evidence for the role of higher order reasoning processes in cue competition and other learning phenomena. *Learning & Behavior*, 33, 239-249.

- Destrebecqz, A. (2004). The effect of explicit knowledge on sequence learning: A graded account. *Psychologica Belgica*, *44*, 217-247.
- Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2001). Can sequence learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*, *8*, 343-350.
- Dickinson, A., Shanks, D., & Evenden, J. (1984). Judgment of act-outcome contingency: The role of selective attribution. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *36A*, 29-50.
- Elsner, B., & Hommel, B. (2004). Contiguity and contingency in action-effect learning. *Psychological Research*, *68*, 138-154.
- Emberson, L. L., & Rubinstein, D. Y. (2016). Statistical learning is constrained to less abstract patterns in complex sensory input (but not the least). *Cognition*, *153*, 63-78.
- Forrin, N. D., & MacLeod, C. M. (2017). Relative speed of processing determines color-word contingency learning. *Memory & Cognition*, *45*, 1206-1222.
- Forrin, N. D., & MacLeod, C. M. (2018). The influence of contingency proportion on contingency learning. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *80*, 155-165.
- Frank, M. C., Goldwater, S., Griffiths, T. L., & Tenenbaum, J. B. (2010). Modeling human performance in statistical word segmentation. *Cognition*, *117*, 107-125.
- Fraser, K. M., & Holland, P. C. (2019). Occasion setting. *Behavioral Neuroscience*, *133*, 145-175.
- French, R. M., Addyman, C., & Mareschal, D. (2011). TRACX: A recognition-based connectionist framework for sequence segmentation and chunk extraction. *Psychological Review*, *118*, 614-636.
- Frensch, P. A., & Runger, D. (2003). Implicit learning. *Current Directions in Psychological Science*, *12*, 13-18.
- Frings, C., Hommel, B., Koch, I., Rothermund, K., Dignath, D., Giesen, C., ... Philipp, A. (2020). Binding and Retrieval in Action Control (BRAC). *Trends in Cognitive Sciences*, *24*, 375-387.
- Frings, C., Rothermund, K., & Wentura, D. (2007). Distractor repetitions retrieve previous responses to targets. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *60*, 1367-1377.
- Gallistel, C. R., Craig, A. R., & Shahan, T. A. (2019). Contingency, contiguity, and causality in conditioning: Applying information theory and Weber's law to the assignment of credit problem. *Psychological Review*, *126*, 761-773.
- Garcia, J., & Koelling, R. A. (1966). Relation of cue to consequence in avoidance learning. *Psychonomic Science*, *4*, 123-124.
- Gast, A., Richter, J., & Ruzspel, B. (2020). Is there evidence for unaware evaluative conditioning in a valence contingency learning task? *Cognition & Emotion*, *34*, 57-73.
- Gawronski, B., & Bodenhausen, G. V. (2006). Associative and propositional processes in evaluation: An integrative review of implicit and explicit attitude change. *Psychological Bulletin*, *132*, 692-731.
- Giesen, C., & Rothermund, K. (2015). Adapting to stimulus-response contingencies without noticing them. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *41*, 1475-1481.
- Giesen, C., Schmidt, J. R., & Rothermund, K. (2020). The law of recency: An episodic stimulus-response retrieval account of habit acquisition. *Frontiers in Psychology*, *10*, Article 2927.
- Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, *16*, 511-525.
- Giroux, I., & Rey, A. (2009). Lexical and sublexical units in speech perception. *Cognitive Science*, *33*, 260-272.

- Glaser, M. O., & Glaser, W. R. (1982). Time course analysis of the Stroop phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 875-894.
- Gluck, M. A., & Bower, G. H. (1988). From conditioning to category learning: An adaptive network model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 227-247.
- Grant, S. C., & Logan, G. D. (1993). The loss of repetition priming and automaticity over time as a function of degree of initial learning. *Memory & Cognition*, 21, 611-618.
- Greenwald, A. G., & De Houwer, J. (2017). Unconscious conditioning: Demonstration of existence and difference from conscious conditioning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 146, 1705-1721.
- Grégoire, L., Perruchet, P., & Poulin-Charronnat, B. (2013). The musical Stroop effect: Opening a new avenue to research on automatisms. *Experimental Psychology*, 60, 269-278.
- Grégoire, L., Perruchet, P., & Poulin-Charronnat, B. (2014a). About the unidirectionality of interference: Insight from the musical Stroop effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67, 2071-2089.
- Grégoire, L., Perruchet, P., & Poulin-Charronnat, B. (2014b). Is the musical Stroop effect able to keep its promises? A reply to Akiva-Kabiri and Henik (2014), Gast (2014), Moeller and Frings (2014), and Zakay (2014). *Experimental Psychology*, 61, 80-83.
- Grégoire, L., Perruchet, P., & Poulin-Charronnat, B. (2015). How does Stroop interference change with practice? A reappraisal from the musical Stroop paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 417-425.
- Hazeltine, E., & Mordkoff, J. T. (2014). Resolved but not forgotten: Stroop conflict dredges up the past. *Frontiers in Psychology*, 5, Article 1327.
- Hendrickx, H., & De Houwer, J. (1997). Implicit covariation learning. *Psychologica Belgica*, 37, 29-49.
- Hendrickx, H., De Houwer, J., Baeyens, F., Eelen, P., & Van Avermaet, E. (1997a). Hidden covariation detection might be very hidden indeed. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 201-220.
- Hendrickx, H., De Houwer, J., Baeyens, F., Eelen, P., & Van Avermaet, E. (1997b). The hide-and-seek of hidden covariation detection: Reply to Lewicki, Hill, and Czyzewska (1997). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 229-231.
- Hendrickx, H., Eelen, P., & Van Avermaet, D. (1997). *Implicit associative learning: A troublesome search for the phenomenon, its boundary conditions and functional characteristics*. Katholieke Universiteit Leuven, Leuven.
- Hintzman, D. L. (1984). Minerva 2: A simulation model of human memory. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*, 16, 96-101.
- Hintzman, D. L. (1986). "Schema abstraction" in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 93, 411-428.
- Hintzman, D. L. (1988). Judgments of frequency and recognition memory in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 95, 528-551.
- Hintzman, D. L. (2016). Is memory organized by temporal contiguity? *Memory and Cognition*, 44, 365-375.
- Hofmann, W., De Houwer, J., Perugini, M., Baeyens, F., & Crombez, G. (2010). Evaluative conditioning in humans: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136, 390-421.
- Holland, P. C. (1992). Occasion setting in Pavlovian conditioning. *Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 28, 69-125.

- Hommel, B. (1998). Event files: Evidence for automatic integration of stimulus-response episodes. *Visual Cognition*, 5, 183-216.
- Hommel, B. (2004). Event files: feature binding in and across perception and action. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 494-500.
- Hommel, B., & Colzato, L. S. (2009). When an object is more than a binding of its features: Evidence for two mechanisms of visual feature integration. *Visual Cognition*, 17, 120-140.
- Hommel, B., Musseler, J., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2001). The Theory of Event Coding (TEC): A framework for perception and action planning. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 849-878.
- Horner, A. J., & Henson, R. N. (2011). Stimulus-response bindings code both abstract and specific representations of stimuli: Evidence from a classification priming design that reverses multiple levels of response representation. *Memory & Cognition*, 39, 1457-1471.
- Howard, M. W., & Kahana, M. J. (2002). A distributed representation of temporal context. *Journal of Mathematical Psychology*, 46, 269-299.
- Howard, M. W., Shankar, K. H., Aue, W. R., & Criss, A. H. (2015). A distributed representation of internal time. *Psychological Review*, 122, 24-53.
- Hubicki, M., & Miles, T. R. (1991). Musical notation and multisensory learning. *Child Language Teaching and Therapy*, 7, 61-78.
- Hume, D. (1969). *A treatise of human nature*. New York, NY: Penguin. (Original work published 1739).
- Iorio, C., Šaban, I., Poulin-Charronnat, B., & Schmidt, J. R. (2020). *Incidental learning in music reading: A modified version of the music Stroop task*.
- Jiménez, L., & Méndez, C. (1999). Which attention is needed for implicit sequence learning? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 236-259.
- Jiménez, L., Méndez, C., & Cleeremans, A. (1996). Comparing direct and indirect measures of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 948-969.
- Kamin, L. J. (1969). Predictability, surprise, attention and conditioning. In B. A. Campbell & R. M. Church (Eds.), *Punishment and aversive behavior* (pp. 279-296). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Kaufman, M. A., & Bolles, R. C. (1981). A nonassociative aspect of overshadowing. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18, 318-320.
- Khacharem, A., Trabelsi, K., Engel, F. A., Sperlich, B., & Kalyuga, S. (2020). The effects of temporal contiguity and expertise on acquisition of tactical movements. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 413.
- Kinder, A., & Lachnit, H. (2003). Similarity and discrimination in human Pavlovian conditioning. *Psychophysiology*, 40, 226-234.
- Le Pelley, M. E., & McLaren, I. P. L. (2001). Retrospective reevaluation in humans: Learning or memory? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54B, 311-352.
- Levey, A. B., & Martin, I. (1975). Classical conditioning of human "evaluative" responses. *Behaviour Research and Therapy*, 13, 221-226.
- Levin, Y., & Tzelgov, J. (2016). Contingency learning is not affected by conflict experience: Evidence from a task conflict-free, item-specific Stroop paradigm. *Acta Psychologica*, 164, 39-45.
- Lewicki, P. (1985). Nonconscious biasing effects of single instances on subsequent judgments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48, 563-574.

- Lewicki, P. (1986). Processing information about covariations that cannot be articulated. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *12*, 135-146.
- Lewicki, P., Hill, T., & Czyzewska, M. (1992). Nonconscious acquisition of information. *American Psychologist*, *47*, 796-801.
- Liefooghe, B., Wenke, D., & De Houwer, J. (2012). Instruction-based task-rule congruency effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *38*, 1325-1335.
- Lin, O. Y.-H., & MacLeod, C. M. (2018). The acquisition of simple associations as observed in color-word contingency learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *44*, 99-106.
- Lober, K., & Lachnit, H. (2002). Configural learning in human Pavlovian conditioning: Acquisition of a biconditional discrimination. *Biological Psychology*, *59*, 163-168.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, *95*, 492-527.
- Lovibond, P. F. (2003). Causal beliefs and conditioned responses: Retrospective reevaluation induced by experience and by instruction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *29*, 97-106.
- Mackintosh, N. J. (1975). A theory of attention: Variations in associability of stimuli with reinforcement. *Psychological Review*, *82*, 276-298.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, *109*, 163-203.
- MacLeod, C. M. (2019). Learning simple associations. *Canadian Psychology*, *60*, 3-13.
- Maes, E., Boddez, Y., Alfei, J. M., Krypotos, A.-M., D'Hooge, R., De Houwer, J., & Beckers, T. (2016). The elusive nature of the blocking effect: 15 failures to replicate. *Journal of Experimental Psychology: General*, *145*, e49-e71.
- Maes, E., Krypotos, A.-M., Boddez, Y., Alfei Palloni, J. M., D'Hooge, R., De Houwer, J., & Beckers, T. (2018). Failures to replicate blocking are surprising and informative: Reply to Soto (2018). *Journal of Experimental Psychology: General*, *147*, 603-610.
- Mathews, R. C., Buss, R. R., Stanley, W. B., Blanchard-Fields, F., Cho, J. R., & Druhan, B. (1989). Role of implicit and explicit processes in learning from examples: A synergistic effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *15*, 1083-1100.
- Matzel, L. D., Schachtman, T. R., & Miller, R. R. (1985). Recovery of an overshadowed association achieved by extinction of the overshadowing stimulus. *Learning and Motivation*, *16*, 398-412.
- Mayr, U. (1996). Spatial attention and implicit sequence learning: Evidence for independent learning of spatial and nonspatial sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *22*, 350-364.
- Mckelvie, S. J. (1987). Learning and awareness in the Hebb digits task. *Journal of General Psychology*, *114*, 75-88.
- McLaren, I. P. L., Green, R. E. A., & Mackintosh, N. J. (1994). Animal learning and the implicit/explicit distinction. In N. C. Ellis (Ed.), *Implicit and explicit learning of languages* (pp. 313-332). London, UK: Academic Press.
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, *85*, 207-238.
- Meiran, N., Liefooghe, B., & De Houwer, J. (2017). Powerful instructions: Automaticity without practice. *Current Directions in Psychological Science*, *26*, 509-514.
- Meiran, N., Pereg, M., Kessler, Y., Cole, M. W., & Braver, T. S. (2015). The power

- of instructions: Proactive configuration of stimulus-response translation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 768-786.
- Michotte, A. E., Miles, T. R., & Miles, E. (1963). *The perception of causality*. London, UK: Methuen.
- Miller, J. (1987). Priming is not necessary for selective-attention failures: Semantic effects of unattended, unprimed letters. *Perception & Psychophysics*, 41, 419-434.
- Miller, K. J., Shenhav, A., & Ludvig, E. A. (2019). Habits without values. *Psychological Review*, 126, 292-311.
- Mirman, D., Estes, K. G., & Magnuson, J. S. (2010). Computational modeling of statistical learning: Effects of Transitional probability versus frequency and links to word learning. *Infancy*, 15, 471-486.
- Misyak, J. B., Christiansen, M. H., & Tomblin, J. B. (2010). Sequential expectations: The role of prediction-based learning in language. *Topics in Cognitive Science*, 2, 138-153.
- Mitchell, C. J., De Houwer, J., & Lovibond, P. F. (2009). The propositional nature of human associative learning. *Behavioral and Brain Sciences*, 32, 183-198.
- Moeller, B., & Frings, C. (2017a). Dissociation of binding and learning processes. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79, 2590-2605.
- Moeller, B., & Frings, C. (2017b). Overlearned Responses Hinder S-R Binding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43, 1-5.
- Moors, A., & De Houwer, J. (2006). Automaticity: A theoretical and conceptual analysis. *Psychological Bulletin*, 132, 297-326.
- Mordkoff, J. T., & Halterman, R. (2008). Feature integration without visual attention: Evidence from the correlated flankers task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15, 385-389.
- Morís, J., Cobos, P. L., Luque, D., & López, F. J. (2014). Associative repetition priming as a measure of human contingency learning: Evidence of forward and backward blocking. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143, 77-93.
- Musen, G., & Squire, L. R. (1993). Implicit learning of color-word associations using a Stroop paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 789-798.
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Nosofsky, R. M. (1988a). Exemplar-based accounts of relations between classification, recognition, and typicality. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 700-708.
- Nosofsky, R. M. (1988b). Similarity, frequency, and category representations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 54-65.
- Nosofsky, R. M., Little, D. R., Donkin, C., & Fific, M. (2011). Short-term memory scanning viewed as exemplar-based categorization. *Psychological Review*, 118, 280-315.
- Nosofsky, R. M., & Palmeri, T. J. (1997). An exemplar-based random walk model of speeded classification. *Psychological Review*, 104, 266-300.
- Oberauer, K., Jones, T., & Lewandowsky, S. (2015). The Hebb repetition effect in simple and complex memory span. *Memory and Cognition*, 43, 852-865.
- Orbán, G., Fiser, J., Aslin, R. N., & Lengyel, M. (2008). Bayesian learning of visual chunks by human observers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 2745-2750.
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned reflexes*. London: Oxford University Press.
- Payne, B. K., Cheng, C. M., Govorun, O., & Stewart, B. D. (2005). An inkblot for attitudes: Affect misattribution as implicit

- measurement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 89, 277-293.
- Pearce, J. M. (2002). Evaluation and development of a connectionist theory of configural learning. *Animal Learning & Behavior*, 30, 73-95.
- Pearce, J. M., & Hall, G. (1980). A model for Pavlovian learning: Variations in the effectiveness of conditioned but not of unconditioned stimuli. *Psychological Review*, 87, 532-552.
- Perruchet, P. (2019). What Mechanisms Underlie Implicit Statistical Learning? Transitional Probabilities Versus Chunks in Language Learning. *Topics in Cognitive Science*, 11, 520-535.
- Perruchet, P., & Amorim, M. A. (1992). Conscious knowledge and changes in performance in sequence learning: Evidence against dissociation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 785-800.
- Perruchet, P., Bigand, E., & Benoit-Gouin, F. (1997). The emergence of explicit knowledge during the early phase of learning in sequential reaction time tasks. *Psychological Research*, 60, 4-13.
- Perruchet, P., & Pacton, S. (2006). Implicit learning and statistical learning: One phenomenon, two approaches. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 233-238.
- Perruchet, P., & Peereman, R. (2004). The exploitation of distributional information in syllable processing. *Journal of Neurolinguistics*, 17, 97-119.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (1998). PARSER: A model for word segmentation. *Journal of Memory and Language*, 39, 246-263.
- Pleyers, G., Corneille, O., Luminet, O., & Yzerbyt, V. (2007). Aware and (dis)liking: Item-based analyses reveal that valence acquisition via evaluative conditioning emerges only when there is contingency awareness. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33, 130-144.
- Pothos, E. M. (2007). Theories of artificial grammar learning. *Psychological Bulletin*, 133, 227-244.
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855-863.
- Reed, J., & Johnson, P. (1994). Assessing implicit learning with indirect tests: Determining what is learned about sequence structure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 585-594.
- Rescorla, R. A., & Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In A. H. Black & W. F. Prokasy (Eds.), *Classical conditioning II: Current research and theory* (pp. 64-99). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Rothermund, K., Wentura, D., & De Houwer, J. (2005). Retrieval of incidental stimulus-response associations as a source of negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31, 482-495.
- Rozin, P., & Zellner, D. (1985). The role of Pavlovian conditioning in the acquisition of food likes and dislikes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 443, 189-202.
- Saavedra, M. A. (1975). Pavlovian compound conditioning in the rabbit. *Learning and Motivation*, 6, 314-326.
- Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274, 1926-1928.
- Saffran, J. R., Newport, E. L., & Aslin, R. N. (1996). Word segmentation: The role of distributional cues. *Journal of Memory and Language*, 35, 606-621.
- Schmidt, J. R. (2013). Questioning conflict adaptation: Proportion congruent and

- Gratton effects reconsidered. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20, 615-630.
- Schmidt, J. R. (2019). Evidence against conflict monitoring and adaptation: An updated review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26, 753-771.
- Schmidt, J. R., Augustinova, M., & De Houwer, J. (2018). Category learning in the colour-word contingency learning paradigm. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 658-666.
- Schmidt, J. R., & Besner, D. (2008). The Stroop effect: Why proportion congruent has nothing to do with congruency and everything to do with contingency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34, 514-523.
- Schmidt, J. R., & Cheesman, J. (2005). Dissociating stimulus-stimulus and response-response effects in the Stroop task. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 59, 132-138.
- Schmidt, J. R., Crump, M. J. C., Cheesman, J., & Besner, D. (2007). Contingency learning without awareness: Evidence for implicit control. *Consciousness and Cognition*, 16, 421-435.
- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2012a). Adding the goal to learn strengthens learning in an unintentional learning task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19, 723-728.
- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2012b). Contingency learning with evaluative stimuli: Testing the generality of contingency learning in a performance paradigm. *Experimental Psychology*, 59, 175-182.
- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2012c). Does temporal contiguity moderate contingency learning in a speeded performance task? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65, 408-425.
- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2012d). Learning, awareness, and instruction: Subjective contingency awareness does matter in the colour-word contingency learning paradigm. *Consciousness and Cognition*, 21, 1754-1768.
- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2016a). Contingency learning tracks with stimulus-response proportion: No evidence of misprediction costs. *Experimental Psychology*, 63, 79-88.
- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2016b). Time course of colour-word contingency learning: Practice curves, pre-exposure benefits, unlearning, and relearning. *Learning and Motivation*, 56, 15-30.
- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2019a). Correction to Schmidt and De Houwer (2012). *Experimental Psychology*, 66, 255-256.
- Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2019b). Cue competition and incidental learning: No blocking or overshadowing in the colour-word contingency learning procedure without instructions to learn. *Collabra: Psychology*, 5, Article 15.
- Schmidt, J. R., De Houwer, J., & Besner, D. (2010). Contingency learning and unlearning in the blink of an eye: A resource dependent process. *Consciousness and Cognition*, 19, 235-250.
- Schmidt, J. R., De Houwer, J., & Moors, A. (2020). Learning habits: Does overtraining lead to resistance to new learning? *Collabra: Psychology*, 6, Article 21.
- Schmidt, J. R., De Houwer, J., & Rothermund, K. (2016). The Parallel Episodic Processing (PEP) Model 2.0: A single computational model of stimulus-response binding, contingency learning, power curves, and mixing costs. *Cognitive Psychology*, 91, 82-108.
- Schmidt, J. R., Giesen, C., & Rothermund, K. (2020). Contingency learning as binding? Testing an exemplar view of the colour-word contingency learning effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73, 739-761.
- Schmidt, J. R., & Lemerrier, C. (2019). Context-specific proportion congruent

- effects: Compound-cue contingency learning in disguise. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 72, 1119-1130.
- Schmidt, J. R., Liefoghe, B., & De Houwer, J. (in press). An episodic model of task switching effects: Erasing the homunculus from memory. *Journal of Cognition*.
- Schwarb, H., & Schumacher, E. H. (2010). Implicit sequence learning is represented by stimulus-response rules. *Memory & Cognition*, 38, 677-688.
- Shanks, D. R. (2005). Implicit learning. In K. Lamberts & R. L. Goldstone (Eds.), *Handbook of Cognition* (pp. 202-220). London, UK: Sage Publications.
- Shanks, D. R., & St John, M. F. (1994). Characteristics of dissociable human learning systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 367-447.
- Slooman, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin*, 119, 3-22.
- Song, S. B., Howard, J. H., & Howard, D. V. (2007). Implicit probabilistic sequence learning is independent of explicit awareness. *Learning & Memory*, 14, 167-176.
- Soto, F. A. (2018). Contemporary associative learning theory predicts failures to obtain blocking. Comment on Maes et al. (2016). *Journal of Experimental Psychology: General*, 147, 597-602.
- Soto, F. A., Gershman, S. J., & Niv, Y. (2014). Explaining compound generalization in associative and causal learning through rational principles of dimensional generalization. *Psychological Review*, 121, 526-558.
- Stadler, M. A. (1989). On learning complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1061-1069.
- Stahl, C., & Unkelbach, C. (2009). Evaluative learning with single versus multiple USs: The role of contingency awareness. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 35, 286-291.
- Sterman, J. D. (1989). Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management Science*, 35, 321-339.
- Sterman, J. D. (1994). Learning in and about complex systems. *System Dynamics Review*, 10, 291-330.
- Stoet, G., & Hommel, B. (1999). Action planning and the temporal binding of response codes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1625-1640.
- Stout, S., Arcediano, F., Escobar, M., & Miller, R. R. (2003). Overshadowing as a function of trial number: Dynamics of first- and second-order comparator effects. *Learning & Behavior*, 31, 85-97.
- Stout, S. C., Chang, R., & Miller, R. R. (2003). Trial spacing is a determinant of cue interaction. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 29, 23-38.
- Strack, F., & Deutsch, R. (2004). Reflective and impulsive determinants of social behavior. *Personality and Social Psychology Review*, 8, 220-247.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-661.
- Sutherland, N. S., & Mackintosh, N. J. (1971). *Mechanisms of animal discrimination learning*. New York: Academic Press.
- Sweldens, S., Corneille, O., & Yzerbyt, V. (2014). The role of awareness in attitude formation through evaluative conditioning. *Personality and Social Psychology Review*, 18, 187-209.
- Thiessen, E. D., Kronstein, A. T., & Hufnagle, D. G. (2013). The extraction and integration framework: A two-process account of statistical learning. *Psychological Bulletin*, 139, 792-814.
- Thorndike, E. L. (1911). *Animal intelligence*. New York: MacMillan.

- Turk-Browne, N. B., Jungé, J. A., & Scholl, B. J. (2005). The automaticity of visual statistical learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134, 552-564.
- Urcelay, G. P., & Miller, R. R. (2006). Counteraction between overshadowing and degraded contingency treatments: Support for the extended comparator hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 32, 21-32.
- Urushmara, K., & Miller, R. R. (2007). CS-duration and partial-reinforcement effects counteract overshadowing in select situations. *Learning & Behavior*, 35, 201-213.
- Vachon, F., Marois, A., Lévesque-Dion, M., Legendre, M., & Saint-Aubin, J. (2018). Can 'Hebb' Be Distracted? Testing the Susceptibility of Sequence Learning to Auditory Distraction. *Journal of Cognition*, 2, Article 4.
- Van Den Bos, E., & Poletiek, F. H. (2008). Effects of grammar complexity on artificial grammar learning. *Memory and Cognition*, 36, 1122-1131.
- Van Dessel, P., De Houwer, J., Gast, A., & Smith, C. T. (2015). Instruction-based approach-avoidance effects: Changing stimulus evaluation via the mere instruction to approach or avoid stimuli. *Experimental Psychology*, 62, 161-169.
- Van Hamme, L. J., & Wasserman, E. A. (1994). Cue competition in causality judgments: The role of nonpresentation of compound stimulus elements. *Learning and Motivation*, 25, 127-151.
- Vandorpe, S., & De Houwer, J. (2005). A comparison of forward blocking and reduced overshadowing in human causal learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 945-949.
- Wagner, A. R. (2003). Context-sensitive elemental theory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56B, 7-29.
- Willingham, D. B. (1999). Implicit motor sequence learning is not purely perceptual. *Memory & Cognition*, 27, 561-572.
- Willingham, D. B., Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1989). On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1047-1060.
- Wood, W. (2017). Habit in Personality and Social Psychology. *Personality and Social Psychology Review*, 21, 389-403.
- Wood, W., & Runger, D. (2016). Psychology of habit. *Annual Review of Psychology*, 67, 289-314.