SYSTÈMES DE SYMBOLES CONTRE CONNEXIONISME : LE DÉBAT SUR LA SYSTÉMATICITÉ

SÉANCE 13, PHILO DE L'ESPRIT, H2020

JONATHAN SIMON

PLAN

- 1) Introduction: le cœur du débat -- règles contre associations.
- 2) Smolensky: l'alternative connexionniste
- 3) Fodor et Pylyshyn: l'argument de la "systématicité" contre le connexionnisme
- 4) Chalmers, Lake & Baroni: systématicité (limitée) pour les connexionnistes

INTRODUCTION

INTRODUCTION

- La semaine dernière :
- nous avons examiné le débat sur ce que pourrait être l'intelligence artificielle, en termes très généraux. Le critère très général de l'intelligence artificielle de Turing (et ses arguments optimistes), puis les critiques très générales et abstraites de Searle et Dreyfus.

INTRODUCTION

- La vision de Turing de l'intelligence artificielle est "classique" - des systèmes qui manipulent des symboles, en utilisant les relations entre leur signification et leur syntaxe. (mais comme nous l'avons vu, cela n'avait pas vraiment d'importance pour son argumentation).
- Les critiques de Searle et Dreyfus étaient des critiques de cette approche classique (la possibilité que le traitement syntaxique des symboles puisse suffire à l'intelligence). Mais ni l'un ni l'autre ne développe une alternative claire

INTRODUCTION

- Aujourd'hui, nous allons examiner un deuxième volet, plus ciblé, de ce débat.
- Smolensky expose la conception connexionniste - une alternative à la conception classique.
- Fodor et Pylyshyn défendent la conception classique. Ils donnent d'abord des critères cognitifs d'intelligence plus ciblés (par rapport aux critères comportementalistes de Turing). Ensuite, ils affirment que, s'il est facile de voir comment les systèmes classiques atteignent ces critères, le connexionnisme ne peut en principe pas le faire (à moins qu'il ne finisse par être du classicisme déguisé).

INTRODUCTION

- Règles contre associations (Rationalisme vs Empirisme)
- IA symbolique (classique) : règles. Rationalisme:
- nous sommes câblés pour faire du raisonnement (logique) basé sur des règles, qui utilise souvent la structure syntaxique des représentations : nous déduisons P de "P et Q" non pas parce que nous avons remarqué (dans notre expérience) que le premier est vrai alors que le second l'est, mais parce que nous comprenons que cela fait partie de ce que "et" signifie

INTRODUCTION

- Règles contre associations (Rationalisme vs Empirisme)
- IA connexioniste : associations. Empiricisme:
- Notre compréhension est basée sur un apprentissage associatif (empirique) sensible au contexte. Les règles logiques "dures et rapides" sont l'exception plutôt que la règle. En général, nous raisonnons de manière probabiliste et nous comprenons de manière associative.

SMOLENSKY: LA CONCEPTION CONNEXIONNISTE

SMOLENSKY

- Le processeur (des règles) consciente(s) et le processeur intuitif:
  - Smolensky distingue deux capacités cognitives ("machines virtuelles") : le "processeur conscient" (l'interprète conscient des règles) et le "processeur intuitif".
- Processeur conscient: . « Les règles exprimées dans le langage naturel peuvent fournir une formalisation satisfaisante du savoir culturel. L'application consciente d'une règle peut être modélisée comme une interprétation séquentielle de telles règles par une machine virtuelle appelée “l'agent interprétant consciemment une règle”. Ces règles sont formulées en termes de concepts consciemment utilisés afin de décrire le domaine de la tâche - elles sont formulées à un niveau conceptuel .»

SMOLENSKY

- Au début, Smolensky ne conteste pas cette image (que la cognition linguistique, qui suit explicitement des règles, est classique : la manipulation syntaxique de symboles, avec des axiomes et des règles spécifiques à un domaine)
- L'alternative de Smolensky est (d'abord) seulement une alternative à la conception classique *du processeur intuitif* : «Ce dernier est vraisemblablement responsable de l'ensemble des comportements animaux et d'une très grande partie des comportements humains : la perception, la motricité automatique, la pratique langagière courante, l'intuition dans la résolution de problèmes et le jeu -bref, pratiquement toutes les performance demandant des habiletés.»

SMOLENSKY

- Il continue: «Le transfert de responsabilités d'un agent interprétant consciemment une règle au processeur intuitif durant l'acquisition d'habiletés s'avère l'un des phénomènes les plus frappants et les plus étudiés par les sciences cognitive». (pense à Dreyfus)
- La cible primaire de Smolensky est l'affirmation selon laquelle le processeur intuitif fonctionne de la même manière que l'interprète conscient des règles

SMOLENSKY

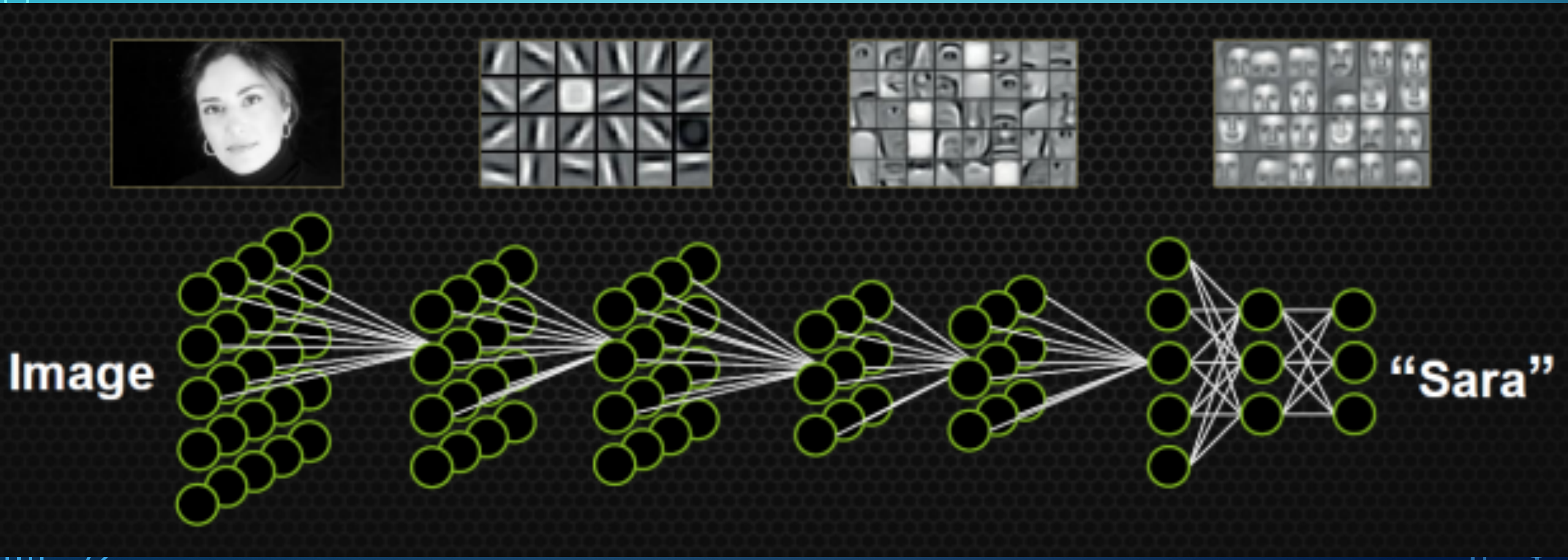
- Autrement dit, Smolensky rejette: «L'hypothèse de l'interprétation inconsciente d'une règle: Les programmes fonctionnant au sein d'un processeur intuitif ont une syntaxe et une sémantique comparables à celles des programmes gérés par un agent interprétant consciem-ment les règles.»

SMOLENSKY

- En sa place, la vision positive:

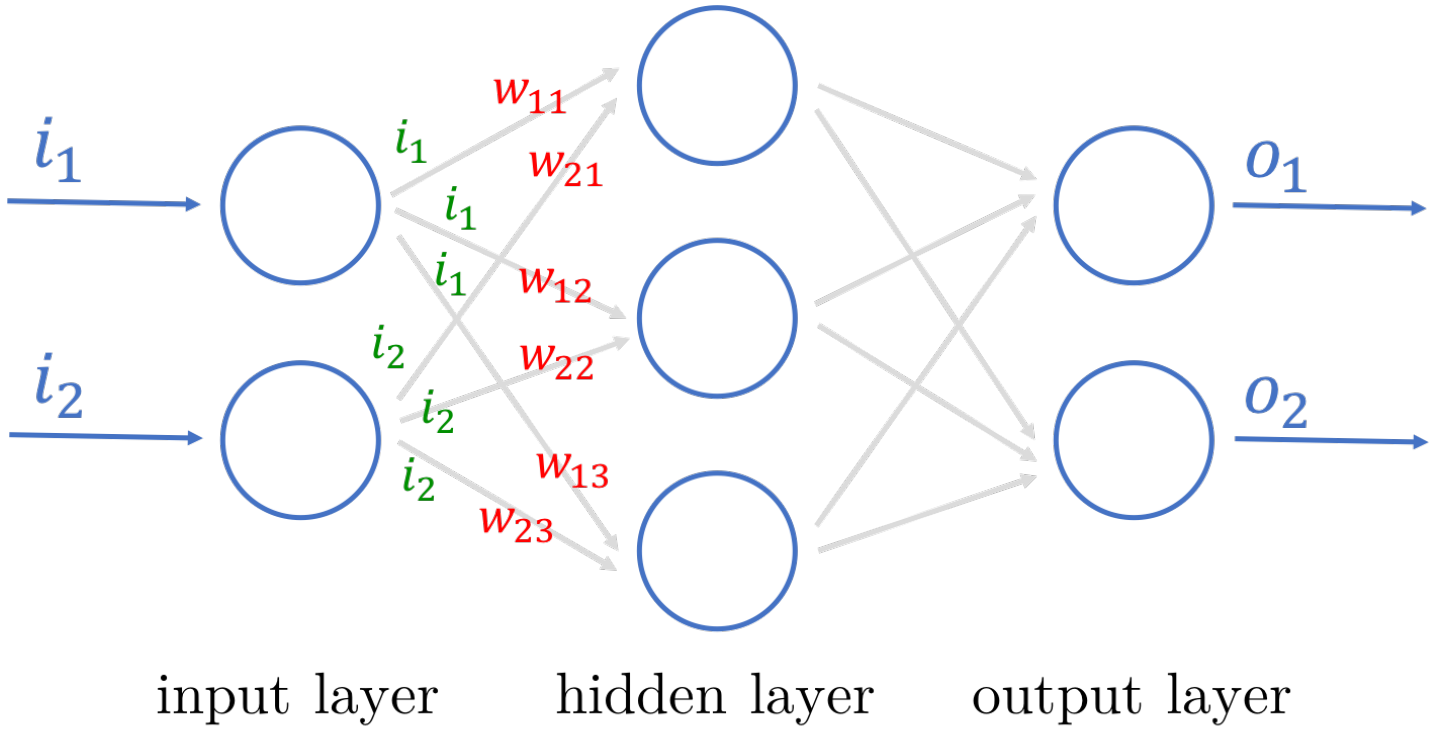
SMOLENSKY

- La vision positive:



SMOLENSKY

- La vision positive:



SMOLENSKY

- La vision positive:

$$\begin{bmatrix} w_{11} & w_{21} \\ w_{12} & w_{22} \\ w_{13} & w_{23} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (w_{11} \times i_1) + (w_{21} \times i_2) \\ (w_{12} \times i_1) + (w_{22} \times i_2) \\ (w_{13} \times i_1) + (w_{23} \times i_2) \end{bmatrix}$$

SMOLENSKY

- «L'hypothèse du système dynamique connexionniste: À n'importe quel moment, l'état du processeur intuitif est précisément défini par un vecteur de valeurs numériques (une pour chacune des unités). La dynamique du processeur intuitif est régie par une équation différentielle. Les paramètres numériques de cette équation constituent le programme ou le savoir du processeur. Dans les systèmes d'auto-apprentissage ces paramètres changent en fonction d'une autre équation différentielle.»

SMOLENSKY

- C'est juste une façon de caractériser l'algèbre matricielle que nous utilisons finalement pour décrire les réseaux de neurones

SMOLENSKY

- Niveaux d'analyse (des systèmes cognitifs) : conceptuel, sous-conceptuel
- Les paradigmes de l'analyse (des systèmes cognitifs) : symbolique, sous-symbolique

SMOLENSKY

- Dans ces débats, les "niveaux d'explication" sont remis en question. Il existe différents modèles de calcul : celui d'une machine de Turing /Von Neumann, contre celui d'un réseau neuronal parallèle et distribué.
- Mais vous pouvez utiliser l'un ou l'autre pour mettre en œuvre l'autre "virtuellement". Vous pouvez faire des mathématiques matricielles sur une machine de Turing, donc vous pouvez y implémenter n'importe quel réseau de neurones.

SMOLENSKY

- La vision positive:

$$\begin{bmatrix} w_{11} & w_{21} \\ w_{12} & w_{22} \\ w_{13} & w_{23} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (w_{11} \times i_1) + (w_{21} \times i_2) \\ (w_{12} \times i_1) + (w_{22} \times i_2) \\ (w_{13} \times i_1) + (w_{23} \times i_2) \end{bmatrix}$$

SMOLENSKY

- Dans ces débats, les "niveaux d'explication" sont remis en question. Il existe différents modèles de calcul : celui d'une machine de Turing /Von Neumann, contre celui d'un réseau neuronal parallèle et distribué.
- Mais vous pouvez utiliser l'un ou l'autre pour mettre en œuvre l'autre "virtuellement". Vous pouvez faire des mathématiques matricielles sur une machine de Turing, donc vous pouvez y implémenter n'importe quel réseau de neurones.

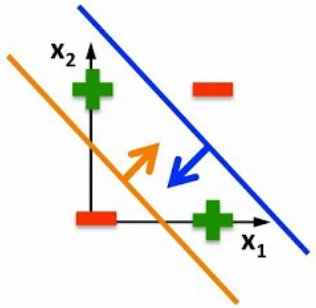
SMOLENSKY

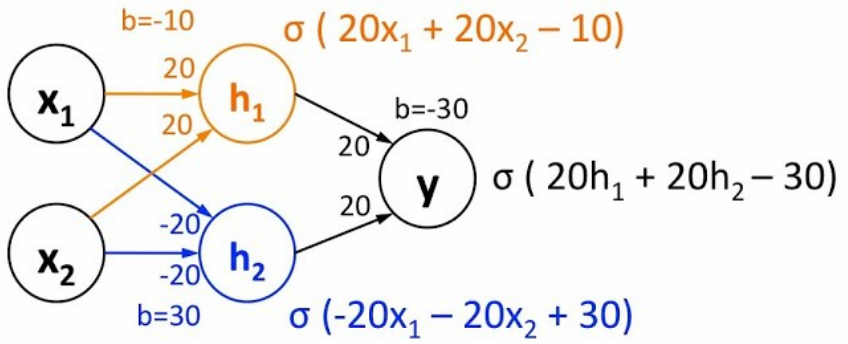
- Dans ces débats, les "niveaux d'explication" sont remis en question. Il existe différents modèles de calcul : celui d'une machine de Turing /Von Neumann, contre celui d'un réseau neuronal parallèle et distribué.
- Mais vous pouvez utiliser l'un ou l'autre pour mettre en œuvre l'autre "virtuellement". Vous pouvez faire des mathématiques matricielles sur une machine de Turing, donc vous pouvez y implémenter n'importe quel réseau de neurones.
- Et vous pouvez implémenter une machine de Turing, des portes logiques, etc., en utilisant un véritable réseau neuronal distribué en parallèle.

SMOLENSKY

Solving XOR with a Neural Net

Linear classifiers cannot solve this





$\sigma(20*0 + 20*0 - 10) \approx 0$
$\sigma(20*1 + 20*1 - 10) \approx 1$
$\sigma(20*0 + 20*1 - 10) \approx 1$
$\sigma(20*1 + 20*0 - 10) \approx 1$

$\sigma(-20*0 - 20*0 + 30) \approx 1$
$\sigma(-20*1 - 20*1 + 30) \approx 0$
$\sigma(-20*0 - 20*1 + 30) \approx 1$
$\sigma(-20*1 - 20*0 + 30) \approx 1$

$\sigma(20*0 + 20*1 - 30) \approx 0$
$\sigma(20*1 + 20*0 - 30) \approx 0$
$\sigma(20*1 + 20*1 - 30) \approx 1$
$\sigma(20*1 + 20*1 - 30) \approx 1$

Copyright © 2014 Victor Lavrenko

SMOLENSKY

- La question la plus intéressante, comme le note Smolensky, est qu'il n'y aurait pas vraiment d'alternative connexionniste, si les réseaux connexionnistes se contentent de mettre en œuvre des systèmes véritablement classiques.
- L'affirmation principale de Smolensky est qu'il n'existe pas de compte rendu complet et précis de la cognition au niveau conceptuel. Pour comprendre le processeur intuitif, nous devons nous tourner vers le traitement distribué au niveau subconceptuel. L'histoire qui en résulte au niveau conceptuel ne sera qu'une approximation (comme la mécanique newtonienne classique n'est qu'une approximation de la théorie relativiste ou quantique)

SMOLENSKY

- Notez qu'à ce stade, Smolensky ne parle que de l'activité cognitive du processeur intuitif. L'interprète de règles conscient pourrait encore être parfaitement classique. Bien sûr, il pourrait encore être mis en œuvre via un réseau de neurones (mais ce serait un type de réseau de neurones très différent, conçu pour mettre en œuvre précisément une machine de Turing, de sorte que cette description classique serait parfaitement exacte, et non une simple approximation.

SMOLENSKY

- Si nous laissions les choses ici, Fodor et Pylyshyn n'auraient rien à objecter. Mais comme le note Smolensky, s'il y avait vraiment deux systèmes distincts, il n'y aurait aucun compte rendu sur la façon de relier les deux, sur la façon dont les connaissances passent de l'interprétation des règles à l'intuition, sur la façon dont les concepts que nous utilisons lors de l'interprétation des règles sont fondés sur l'intuition, etc. Il suggère donc qu'un compte rendu subsymbolique du processeur intuitif pourrait conduire à un compte rendu subsymbolique du suivi conscient des règles. C'est là qu'interviennent Fodor et Pylyshyn.

FODOR ET PYLYSHYN: LA SYSTÉMATISATION DE LA PENSÉE

FODOR ET PYLYSHYN

- L'idée centrale : la pensée (et le langage) sont productifs, systématiques et compositionnels.
- Pour que ces caractéristiques soient réellement mises en œuvre, il doit y avoir une structure de partie et d'ensemble parmi les éléments syntaxiques qui représentent les pensées, et cette structure doit être causalement pertinente et aider à expliquer les processus de pensée
- Mais les systèmes connectionnistes n'ont pas ce genre de structure partie-et-ensemble (au niveau cognitif)

FODOR ET PYLYSHYN

- Prémisse 1) La pensée (et le langage) sont productifs, systématiques et compositionnels.
  - Le débat ici : la pensée a-t-elle vraiment ces caractéristiques, ou ne s'agit-il que d'approximations utiles ?

FODOR ET PYLYSHYN

- Prémisse 1) La pensée (et le langage) sont productifs, systématiques et compositionnels.
- Prémisse 2) Si la pensée est productif, systématique et compositionnel, il a une structure (causalement pertinent) de partie et d'ensemble
- Prémisse 3) Mais les systèmes connexionnistes n'ont pas une structure (causalement pertinent) de partie et d'ensemble
- Conclusion) Donc, la pensée n'est pas connexionniste

FODOR ET PYLYSHYN

- Prémisse 2) Si la pensée est productif, systématique et compositionnel, il a une structure (causalement pertinent) de partie et d'ensemble
  - Le débat ici : y a-t-il des moyens (connectionnistes) de réaliser ces caractéristiques, sans une structure (causalement pertinent) de partie et d'ensemble?

FODOR ET PYLYSHYN

- Prémisse 3) Mais les systèmes connexionnistes n’ont pas une structure (causalement pertinent) de partie et d'ensemble
  - Le débat ici : est-il vrai qu'aucun système connexionniste n'a la structure adéquate (sauf s'il s'agit en fait d'une simple mise en œuvre d'une architecture classique) ?

FODOR ET PYLYSHYN

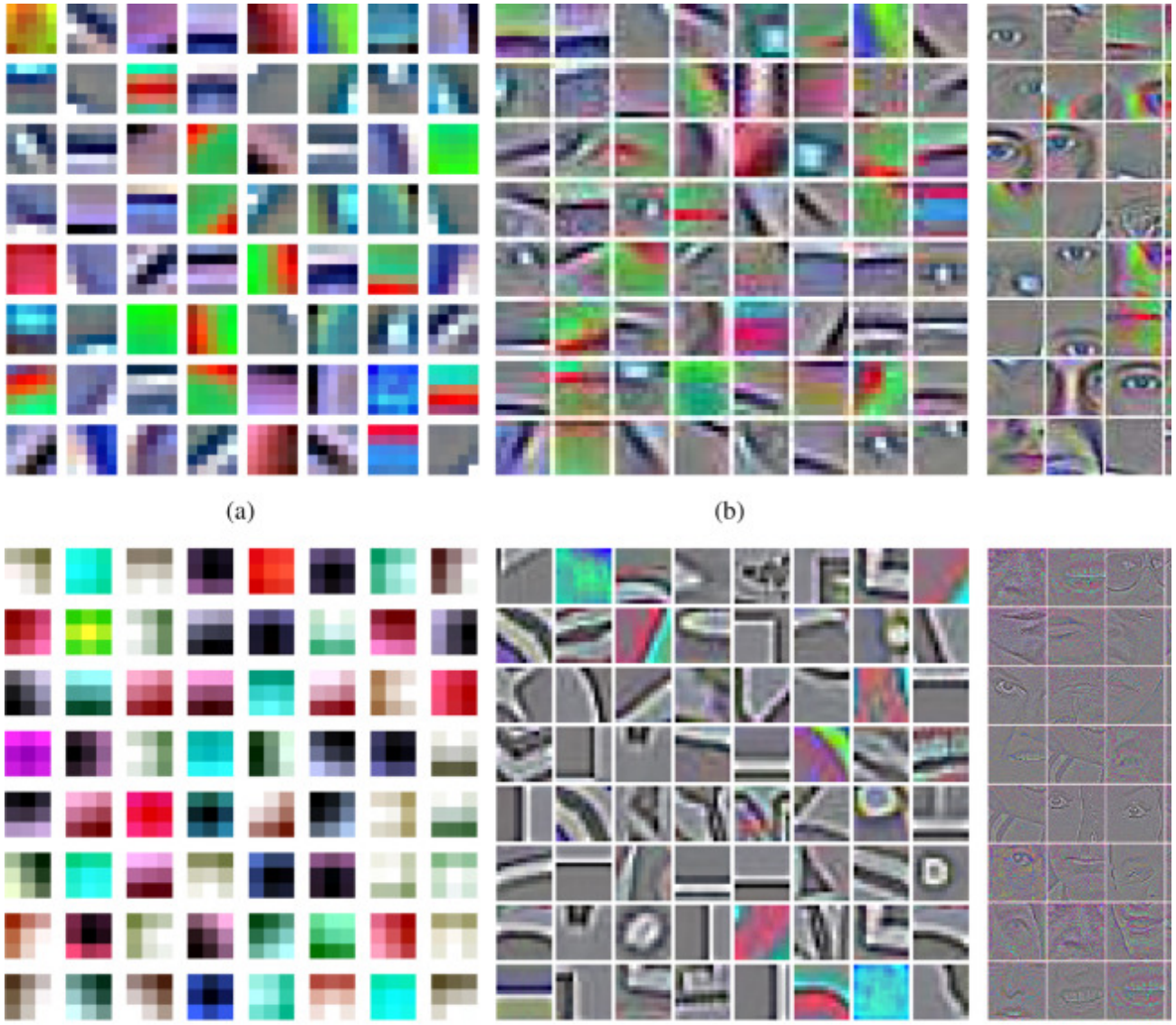
- Qu'est-ce qu'on veut dire par « une structure (causalement pertinent) de partie et d'ensemble » ?
- Dans le traitement classique, les contenus comme "vache brune" ou "vache et brune" sont représentés par des symboles composés. Ils ont des parties. Le symbole de la "vache" est une partie du symbole de la "vache brune". Les règles de traitement classique peuvent fonctionner sur cette structure, c'est-à-dire que si vous pensez que "P et Q", alors concluez que "P" peut être mis en œuvre de manière syntaxique : si vous acceptez un contenu qui est un composé de deux contenus entourant le symbole "et", alors acceptez le contenu atomique à gauche.

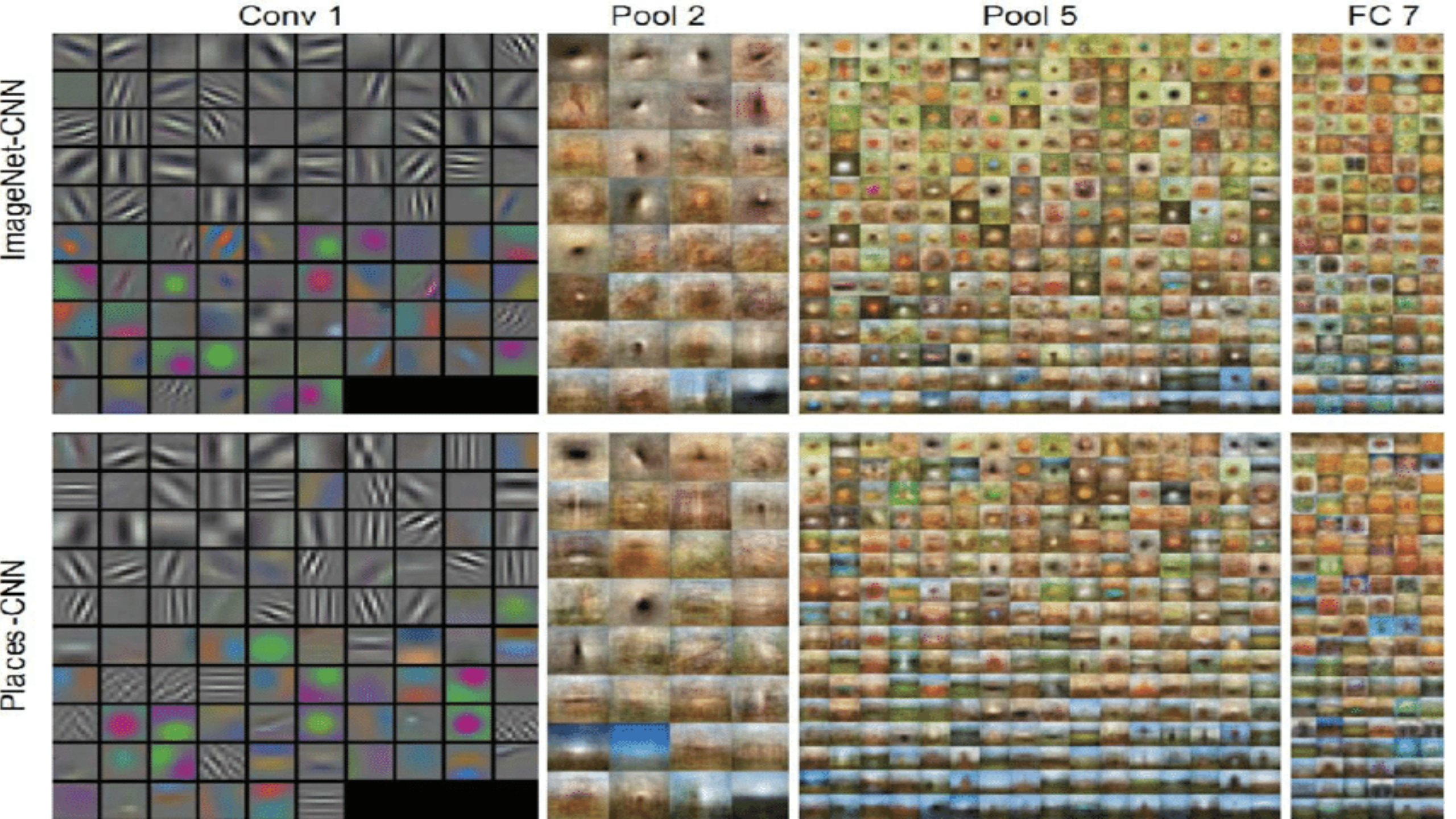
FODOR ET PYLYSHYN

- Qu’est-ce qu’on veut dire par « une structure (causalement pertinent) de partie et d'ensemble » ?
- Dans le traitement connexionniste, Les contenus sont représentés par des modèles de tir de neurones ou de groupes de neurones. L'idée étant que le neurone ou l'amas de neurones tire beaucoup pour signaler la présence de ce qu'il représente.

- En général, ce n'est pas parce que le neurone N1 signale la vache et le N2 le marron que l'on peut raisonner efficacement avec la "vache marron", mais parce qu'il faut un autre neurone N3 pour le signaler. (donc pas de structure de composition automatique). C'est précisément ce que font les Deep Nets : ils ajoutent des couches supplémentaires de neurones pour représenter plus de contenu.

FODOR ET PYLYSHYN




Conv 1
Pool 2
Pool 5
FC 7
ImageNet-CNN
Places-CNN

FODOR ET PYLYSHYN

- La pensée (et le langage) sont productifs, systématiques et compositionnels:
- Productivité : nous pouvons générer et comprendre des phrases arbitrairement longues
- Systématicité : si nous comprenons une phrase en utilisant les mots A, B et C, nous pouvons comprendre toutes les phrases utilisant ces mots. (Si vous comprenez "Jean aime Marie", vous pouvez comprendre "Marie aime Jean")
- Compositionalité : les mots apportent la même contribution au sens indépendamment de leur contexte

FODOR ET PYLYSHYN

- La productivité et la compositionalité sont controversées. Peut-on vraiment comprendre des phrases de 400 mots ?
- Les mots ont-ils vraiment la même signification dans tous les contextes ? (grain de café, tasse de café, plante de café…)

FODOR ET PYLYSHYN

- Il est beaucoup plus difficile de nier le systematicité
- si je comprends "Jean aime Marie", je peux comprendre "Marie aime Jean".
- Mais attention : même si nous admettons que la mise à feu du neurone pour le brun et la mise à feu pour la vache constituent une représentation composite de la vache brune, nous avons ici un problème : nous ne pouvons pas nous contenter de penser à la signification de "Jean aime Marie" telle qu'elle est donnée par la mise à feu des neurones pour Jean, les amours et Marie. (parce que c'est indéterminé entre "Jean aime Marie" et "Marie aime Jean")

FODOR ET PYLYSHYN

- Nous pouvons ajouter des "marqueurs de sujet" : John-sujet aime Mary-objet. Mais maintenant, nous avons besoin de différents neurones (ou clusters) pour représenter le sujet-John et l'objet-John. Et que dire de "Jean aime Marie et Susan aime Jean et Marie aime Susan" (chaque personne est à la fois sujet et objet mais cela ne suffit pas..

FODOR ET PYLYSHYN

- Réponse possible : appel à la "synchronisation neurale". Permettre que chaque neurone ait quelques créneaux temporels différents. Laissez le neurone John décider de tirer pendant le cycle un ou le cycle deux ou le cycle trois. Laissez différents neurones tirer sur le même cycle pour coordonner dans le sens...

- Question : cela ne ferait-il que mettre en place une structure classique ?

FODOR ET PYLYSHYN

- Question : y a-t-il un moyen pour un système connexionniste d'avoir une structure partielle et entière, sans se contenter de mettre en place une structure classique (que dirait Smolensky ?)

CHALMERS, LAKE & BARONI: SYSTÉMATICITÉ (LIMITÉE) POUR LES CONNEXIONNISTES

CHALMERS, LAKE ET BARONI

- Chalmers: 1) Les F&P prouvent trop : si leur argument fonctionne, il montre que les systèmes connectionnistes ne peuvent même pas mettre en œuvre des ordinateurs classiques (ce que nous savons qu'ils peuvent faire).
- 2) Rapport sur un modèle connexionniste qui présente une sensibilité de structure limitée (systématicité) sans structure partielle-ensemble

CHALMERS, LAKE ET BARONI

- Lake et Baroni:) Rapport sur un modèle connexionniste qui présente une sensibilité de structure limitée (systématicité) sans structure partielle-ensemble