

Chapitre 6 - Section 2 quater

Connecte tes neurones

16



Réseau de neurones

Cette activité permet de découvrir le fonctionnement d'un réseau de neurones dans le cadre d'un apprentissage supervisé. Le réseau de 16 neurones permet de reconnaître des chiffres parmi 0, 3, 6 et 9.

Liens pédagogiques

- Technologie : comprendre le fonctionnement d'une IA par réseau de neurones

Compétences

- Compter, additionner, soustraire
- Raisonner
- Observer

Âge

- 14 ans et plus

Matériel

- Pour les élèves :
 - Fiche d'activité ici présente.
 - Fiche réseau de neurones en 4 exemplaires
 - Feutres ou surligneurs de 4 couleurs : bleu, vert, rose et jaune
 - Les différents éléments à manipuler :
 - ardoises de neurones
 - fiches individuelles de chiffres
- Pour l'enseignant :
 - Fiche réseau de neurones pour explications.
 - Diaporama modifiable pour vidéo-projection

Source : [Maison des Mathématiques et de l'informatique \(Lyon\)](#)

Chapitre 6 – Section 2 quater

Étape	Instruction	Réponse
1	Présentation générale : le réseau de 16 neurones. Indiquez les couches : <ul style="list-style-type: none"> • d'entrée, • intermédiaire, • de sortie. 	

2	Choisissez un neurone et faites les calculs expliqués par l'enseignant sur la fiche du réseau de neurones. Reportez les résultats sur l'affichette de votre neurone pour les montrer aux autres élèves.	
---	---	--

3	Refaites les mêmes opérations pour 3 nouveaux chiffres. À quoi servent les neurones de sortie ?			
3	X	OUI	X	X
0				
6				
9				

4 À l'aide des fiches pré-remplies des chiffres , utilisez les feutres pour dessiner un rectangle coloré correspondant à chaque chiffre dans les bonnes cases

		-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C+E+F-A-B-D	N	N	N	N	N	N	3♥	N	N	N	6♥	N	9♥	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
A+B+D-C-E	N	N	N	N	N	N	0♥	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	9♥	6♥	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
B+D+E-A-C-F	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	9♥	0♥	N	3♥	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
A+B+C-D-E	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

5	Placez le 6♣ sur les lignes du tableau ci-dessus. Que peut-on dire du résultat ? Que peut-on faire ? Écrire la règle utilisée.	
---	--	--

6	Placez maintenant le 3♣. Que peut-on dire du résultat ? Que peut-on faire ?	
---	---	--

Chapitre 6 – Section 2 quater2

Étape	Instruction	Réponse
-------	-------------	---------

7 Après avoir changé les seuils de 1 case, les 3♣ ne sont toujours pas dans les bonnes zones.

		-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
●	C+E+F-A-B-D	N	3♦	N	N	N	N	3♥	N	N	6♥	3♣	9♥	9♦	N	N	N	N	N	N	6♣	N	0♦	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	
●	A+B+D-C-E	N	N	N	N	0♥	0♦	N	N	N	6♣	N	9♦	N	N	9♥	6♥	N	N	N	OUI	OUI	3♥	OUI	OUI	OUI	OUI	3♦	OUI	OUI	OUI
●	B+D+E-A-C-F	N	N	N	N	N	N	9♥	N	0♥	0♦	N	3♥	N	N	N	N	3♦	N	N	N	OUI	OUI	6♥	6♦	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	
●	A+B+C-D-E	6♣	N	N	N	N	N	6♦	N	N	N	6♥	N	0♥	0♦	3♥	N	N	N	3♣	OUI	OUI	9♥	9♦	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	

Il y aurait encore un autre type de problème si on pouvait bouger le seuil d'encore plus de cases, lequel ?

8 Analysez donc les calculs pour les 2 neurones en erreurs :

● **A+B+D-C-E**

● **A+B+C-D-E**

Quelles différences ?

9 La valeur obtenue pour ● doit augmenter et celle pour ● doit baisser. Quels seuils de la couche intermédiaire doivent donc être changés et dans quel sens ?

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
A	😊+😄-😞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
B	😊+😄-😞	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
C	😄+😞+😞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
D	😊+😞-😞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
E	😊+😄+😞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F	😞+😞-😞	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

10 Voici le résultat final, les 10 chiffres sont correctement placés par tous les neurones de sortie.

		-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
●	C+E+F-A-B-D	3♦	N	N	N	N	3♥	N	N	6♥	3♣	9♥	9♦	N	N	N	N	N	N	6♣	N	0♦	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
●	A+B+D-C-E	N	N	N	N	N	0♥	0♦	N	N	N	6♣	9♦	N	N	9♥	N	N	6♥	3♣	OUI	OUI	3♥	OUI	OUI	OUI	OUI	3♦	OUI	OUI
●	B+D+E-A-C-F	N	N	N	N	N	N	9♥	N	0♥	0♦	N	3♥	N	N	N	N	3♦	N	N	N	OUI	OUI	6♥	6♦	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
●	A+B+C-D-E	6♣	N	N	N	N	N	6♦	N	N	N	6♥	N	0♥	0♦	3♥	N	N	3♣	N	OUI	OUI	9♥	9♦	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

Chapitre 6 – Section 2 quater3

Étape

11

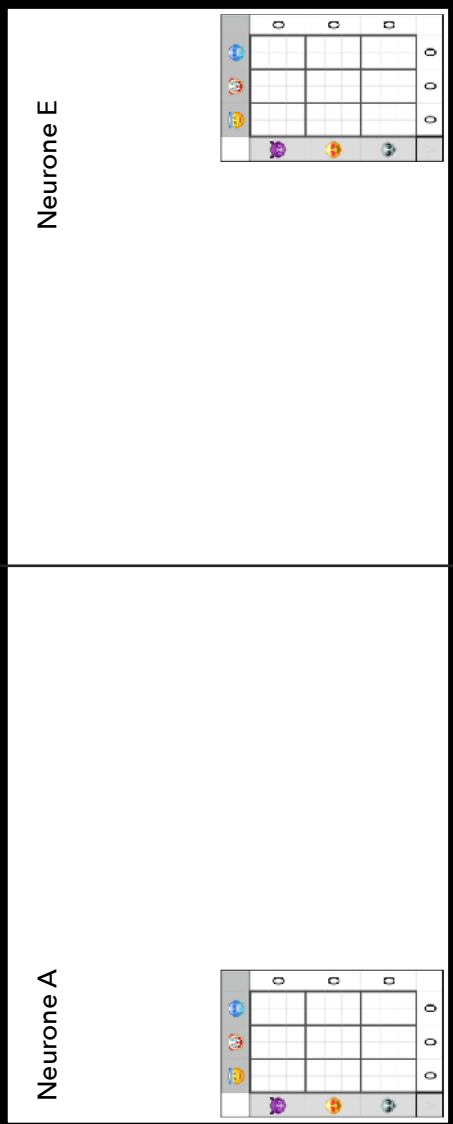


En continuant la même méthode pour 6 autres chiffres et en ajustant petit à petit les seuils mais aussi les poids de chaque neurone, on obtient le résultat suivant :

$$\begin{aligned}
 A &= 2\text{😊} + \text{😄} - 2\text{😬} \\
 B &= 0\text{😊} + 2\text{😬} - 1\text{😬} \\
 C &= 2\text{😬} + 3\text{😬} + 0\text{😬} \\
 D &= 2\text{😊} + 0\text{😬} + 1\text{😬} \\
 E &= 1\text{😬} + 1\text{😬} + \text{😬} \\
 F &= 3\text{😬} + 2\text{😬} - 4\text{😬}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{🟢} &= 2C+1E+2F-2A-B-4D \\
 \text{🟡} &= 2A+1B+1D-1C-3E+3F \\
 \text{🟠} &= 1B+1D+3E-2A-1C-1F \\
 \text{🟣} &= 0A-1B+1C+D-4E-3F
 \end{aligned}$$

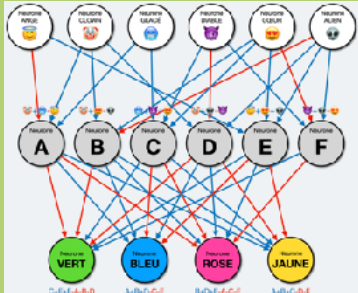
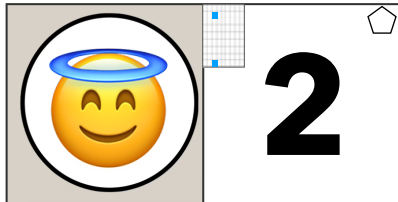
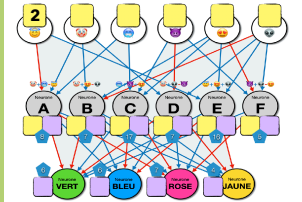
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
A =	2😊	+😊	-2😬																																						
B =	0😊	+2😬	-1😬																																						
C =	2😊	+3😬	+0😬																																						
D =	2😊	+0😬	+1😬																																						
E =	1😬	+1😬	+😬																																						
F =	3😬	+2😬	-4😬																																						








S'il vous reste du temps, vous pouvez analyser les résultats sur certains neurones de la couche intermédiaire pour trouver des correspondances entre les chiffres et les données des neurones de la couche d'entrée.

	-38 et moins	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
🟢 =	2C+1E+2F	-2A-B-4D																																																																															
🟡 =	2A+1B+1D	-1C-3E+3F																																																																															
🟠 =	1B+1D+3E	-2A-1C-1F																																																																															
🟣 =	0A-1B+1C	+D-4E-3F																																																																															

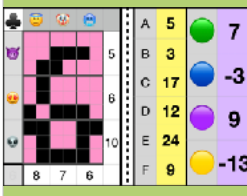
Chapitre 6 – Section 2 quater Correction


Étape	Instruction	Réponse																									
1	Présentation générale : le réseau de 16 neurones. Indiquez les couches : <ul style="list-style-type: none"> d'entrée, intermédiaire, de sortie. 	 <p>ENTRÉE</p> <p>INTERMÉDIAIRE</p> <p>SORTIE</p>																									
2	Choisissez un neurone et faites les calculs expliqués par l'enseignant sur la fiche du réseau de neurones. Reportez les résultats sur l'affichette de votre neurone pour les montrer aux autres élèves.	 																									
3	Refaites les mêmes opérations pour 3 nouveaux chiffres. À quoi servent les neurones de sortie ? à déterminer si le chiffre donné en entrée est un 0, un 3, un 6 ou un 9.	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>VERT</th> <th>BLEU</th> <th>ROSE</th> <th>JAUNE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>X</td> <td>OUI</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>OUI</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>OUI</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>OUI</td> </tr> </tbody> </table>		VERT	BLEU	ROSE	JAUNE	3	X	OUI	X	X	0	OUI	X	X	X	6	X	X	OUI	X	9	X	X	X	OUI
	VERT	BLEU	ROSE	JAUNE																							
3	X	OUI	X	X																							
0	OUI	X	X	X																							
6	X	X	OUI	X																							
9	X	X	X	OUI																							

4 À l'aide des fiches pré-remplies des chiffres , utilisez les feutres pour dessiner un rectangle coloré correspondant à chaque chiffre dans les bonnes cases de la couche de sortie.

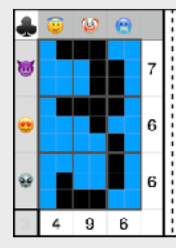
		-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
 C+E+F-A-B-D	N	3	N	N	N	N	3	N	N	6	N	9	N	9	N	N	N	N	N	N	6	N	0	N	N	N	N	N	N	N
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	6	N	3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
 A+B+D-C-E	N	N	N	N	N	0	N	N	N	6	N	9	N	9	N	N	9	6	N	N	N	3	N	N	N	N	N	N	N	N
	N	N	N	N	N	N	0	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	3	6	N	N	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
 B+D+E-A-C-F	N	N	N	N	N	N	N	9	N	0	0	N	3	N	N	N	N	3	N	N	N	6	N	6	N	N	N	N	N	N
	N	N	N	N	N	N	N	9	N	3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
 A+B+C-D-E	N	N	N	N	N	N	N	6	N	N	N	6	N	0	0	N	3	N	N	N	3	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	6	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	3	N	N	N	N	N	N	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI





5 Placez le 6♣ sur les lignes du tableau ci-dessus. Que peut-on dire du résultat ? Que peut-on faire ? Écrire la règle utilisée.



Le 6♣ est reconnu comme un 0. C'est donc un faux positif.
On peut augmenter le seuil du neurone Vert  avec la règle du « +1/-1 seulement ».
Si on le passe de 6 à 7, le 6♣ n'est plus reconnu comme un 0, comme il se doit.

6 Placez maintenant le 3♣. Que peut-on dire du résultat ? Que peut-on faire ?



	A	B	C	D	E	F	
11	7	9	19	8	16	7	
	-2		4		-4		6

Ici, le 3♣ n'est pas reconnu comme un 3 (faux négatif) et est reconnu comme un 9 (faux positif).
Nous pouvons utiliser la règle du « +1/-1 seulement », mais cela ne suffit pas (voir étape suivante).

Étape

11



En continuant la même méthode pour 6 autres chiffres et en ajustant petit à petit les seuils mais aussi les poids de chaque neurone, on obtient le résultat suivant :

A =	2 🍌 + 2 🍌 - 2 🍌
B =	0 🍌 + 2 🍌 - 1 🍌
C =	2 🍌 + 3 🍌 + 0 🍌
D =	2 🍌 + 0 🍌 + 1 🍌
E =	1 🍌 + 1 🍌 + 0 🍌
F =	3 🍌 + 2 🍌 - 4 🍌

🍌 =	2C+1E+2F-2A-B-4D
🍌 =	2A+1B+1D-1C-3E+3F
🍌 =	1B+1D+3E-2A-1C-1F
🍌 =	0A-1B+1C+D-4E-3F

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
A =	2 🍌 + 2 🍌 - 2 🍌	[Weight matrix for Neuron A]																																						
B =	0 🍌 + 2 🍌 - 1 🍌	[Weight matrix for Neuron B]																																						
C =	2 🍌 + 3 🍌 + 0 🍌	[Weight matrix for Neuron C]																																						
D =	2 🍌 + 0 🍌 + 1 🍌	[Weight matrix for Neuron D]																																						
E =	1 🍌 + 1 🍌 + 0 🍌	[Weight matrix for Neuron E]																																						
F =	3 🍌 + 2 🍌 - 4 🍌	[Weight matrix for Neuron F]																																						

S'il vous reste du temps, vous pouvez analyser les résultats sur certains neurones de la couche intermédiaire pour trouver des correspondances entre les chiffres et les données des neurones de la couche d'entrée.

Neurone A




Le neurone A favorise les colonnes clown 🍌 et glacé 🍌 et défavorise la colonne ange 🍌. Ce qui correspond bien à la façon de dessiner des 9 et des 3. Et la plupart des 6 pour la colonne clown 🍌

Neurone E

Le neurone E favorise les colonnes clown ange 🍌 et les lignes coeur 🍌 alien 🍌. Ce qui correspond bien à la façon de dessiner des 6 (partie inférieure gauche) et un peu des 0.

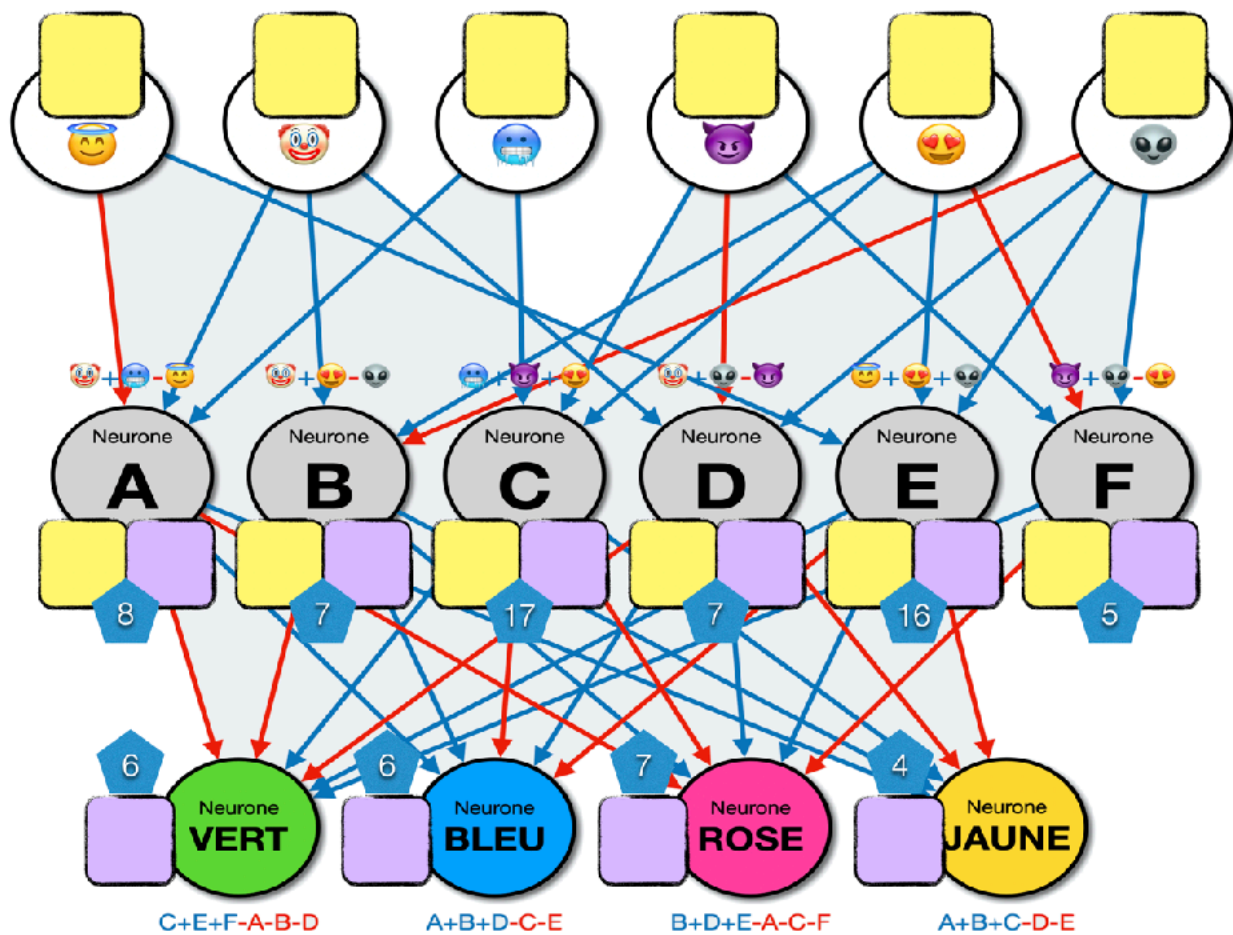
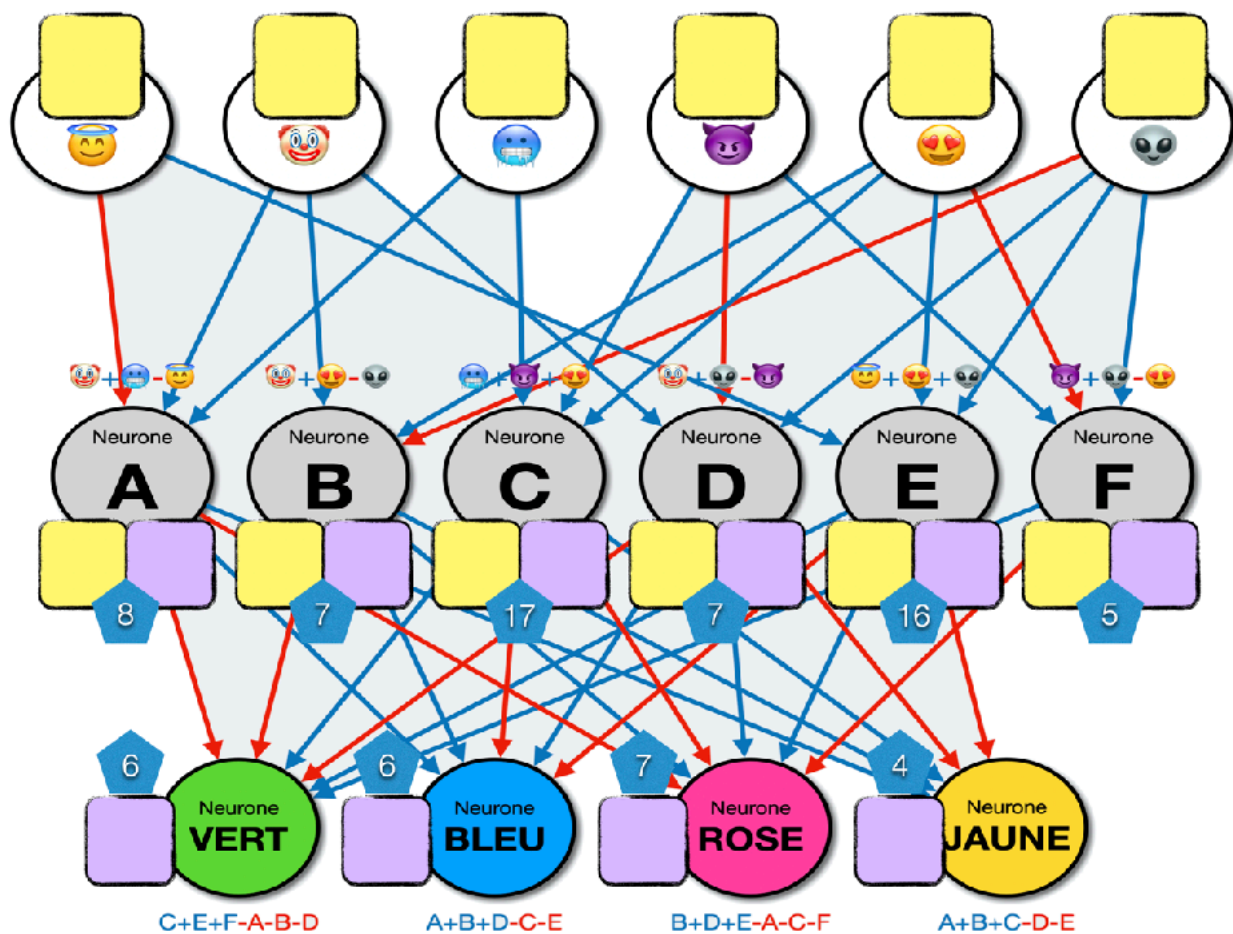
	-35 et moins	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
🍌 =	2C+1E+2F	[Weight matrix for Neuron A]																																																					
🍌 =	-2A-B-4D	[Weight matrix for Neuron B]																																																					
🍌 =	2A+1B+1D	[Weight matrix for Neuron C]																																																					
🍌 =	-1C-3E+3F	[Weight matrix for Neuron D]																																																					
🍌 =	1B+1D+3E	[Weight matrix for Neuron E]																																																					
🍌 =	-2A-1C-1F	[Weight matrix for Neuron F]																																																					
🍌 =	0A-1B+1C	[Weight matrix for Neuron G]																																																					
🍌 =	+D-4E-3F	[Weight matrix for Neuron H]																																																					

Consignes d'impressions par étape

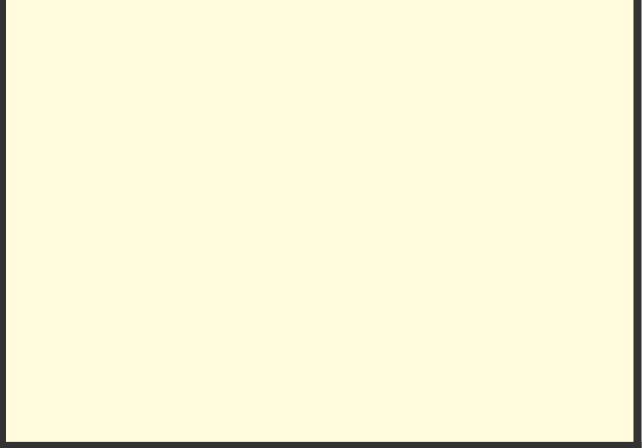
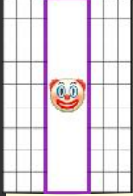

1. Les fiches d'activités : A4 recto-verso : 2 feuilles par élèves (ou livret 4 pages sur format A3)
2. 3 éléments :
 - 2.1. Distribuer les réseaux de la page 6. 4 réseaux par élèves : 1 page recto verso A4
 - 2.2.1 neurone par élève ou binôme d'élève : Pages 11 à 16, imprimé en A3, découpées et plastifiées pour réutilisation.
 - 2.3. Les 2 dessins du 3 de la page 10. Découpé, plié pour recto/verso, découpé en 3 zones chacune. Plastifié pour réutilisation. Total : 6 éléments distribués aux 6 élèves/neurones d'entrée.
3. Les chiffres 0, 6 et 9 de la page 10 en 3 exemplaires chacun (une version verticale et une version horizontale de chaque chiffre). Découpés, pliés pour recto/verso. NON découpés en 3 zones. Plastifié pour réutilisation. Total : 18 éléments distribués aux 6 élèves/neurones d'entrée concernés.
4. Les chiffres  de la page 17 format A3. Découpés, pliés, plastifiés pour réutilisation. 1 exemplaire de chaque par groupe de 4 élèves.
5. Le 6  de la page 18 format A3. Découpé, plié, plastifié pour réutilisation. 1 exemplaire par groupe de 4 élèves. (ou un par neurone des couches intermédiaires et de sorties, soit 10)
6. De même pour le 3  de la page 18. (ou un par neurone des couches intermédiaires et de sorties, soit 10)

Étapes 7 à 11 : utilisez les documents numériques modifiables et la vidéo-projection.

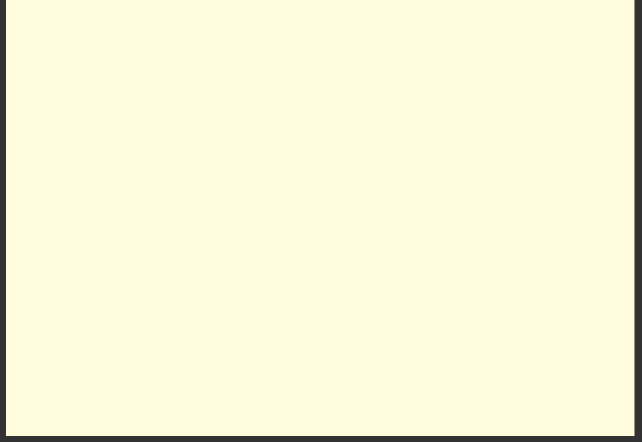


Les autres chiffres des pages 17 et 18 sont à imprimer si vous souhaitez refaire tous les calculs et vérifier à la main les grilles préremplies des étapes 4, 7 et 9 voire 10 et 11. Les rectos ne peuvent pas servir pour les grilles des étapes 10 et 11, puisque les seuils ou les calculs ne sont pas les mêmes.



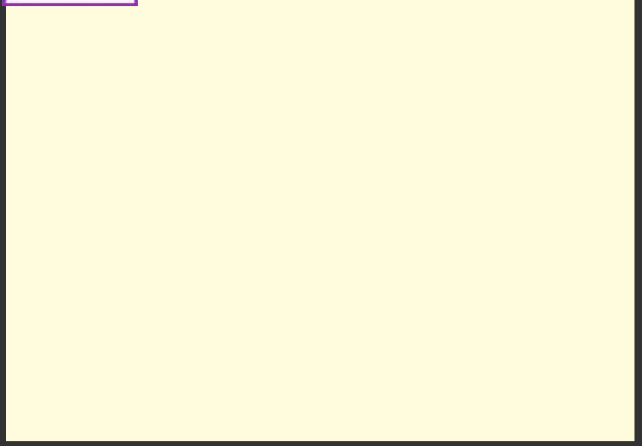


Neurone
CLOWN

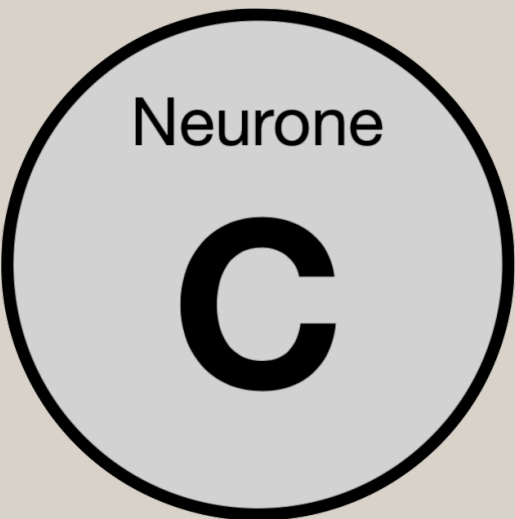
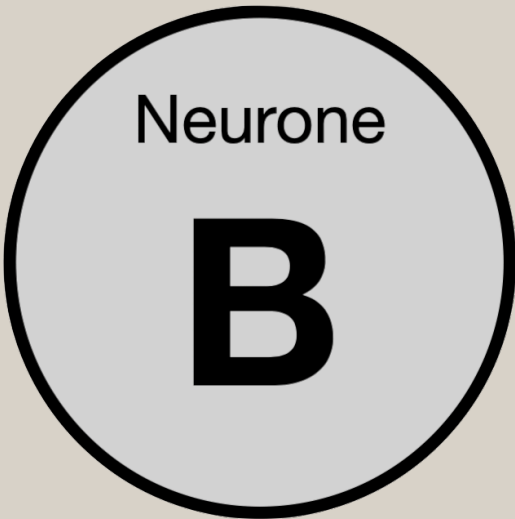


Neurone
DIABLE



Neurone
ALIEN





Neurone

D



7

Neurone

E





16



Neurone

F



5

 <p>Neurone VERT</p>	<p>$C+E+F-A-B-D$</p> 
--	---

 <p>Neurone BLEU</p>	<p>$A+B+D-C-E$</p> 
--	---



B+D+E-A-C-F

7



A+B+C-D-E

4

					A	7		12
				8	B	6		-8
				6	C	21		-8
				7	D	6		-4
	7	7	7		E	20		0
					F	9		

					A	12		-7
				5	B	8		8
				5	C	15		8
				6	D	10		-1
	2	9	5		E	13		2
					F	6		

					A	8		-4
				5	B	10		4
				7	C	16		4
				6	D	10		8
	5	9	4		E	18		-2
					F	4		

					A	12		-2
				7	B	9		3
				6	C	20		3
				5	D	6		-6
	3	8	7		E	14		9
					F	6		

					A	7		9
				6	B	3		-7
				6	C	21		-7
				7	D	5		-3
	6	4	9		E	19		1
					F	7		

					A	12		-12
				3	B	9		12
				5	C	11		12
				6	D	13		4
	1	10	3		E	12		0
					F	4		

					A	8		-4
				4	B	9		4
				7	C	15		4
				7	D	12		10
	5	9	4		E	19		-6
					F	4		

					A	11		0
				7	B	9		0
				7	C	22		0
				5	D	5		-6
	4	7	8		E	16		10
					F	5		

					A	4		6
				6	B	4		-5
				6	C	19		0
				6	D	4		-1
	7	4	7		E	19		
					F	6		

					A	11		-2
				7	B	9		4
				6	C	19		-4
				6	D	8		6
	4	9	6		E	16		
					F	7		

					A	5		7
				5	B	3		-3
				6	C	17		9
				10	D	12		-13
	8	7	6		E	24		
					F	9		

					A	10		-1
				5	B	6		2
				6	C	18		-1
				7	D	9		0
	4	7	7		E	17		
					F	6		

					A	9		2
				5	B	7		-2
				7	C	20		-4
				5	D	5		4
	4	5	8		E	16		
					F	3		

					A	14		0
				7	B	7		3
				5	C	20		-12
				6	D	7		9
	2	8	8		E	13		
					F	8		

					A	11		-7
				4	B	10		7
				8	C	18		7
				7	D	12		-1
	4	9	6		E	19		
					F	3		

					A	8		3
				6	B	8		-3
				7	C	20		-1
				5	D	5		3
	5	6	7		E	17		
					F	4		