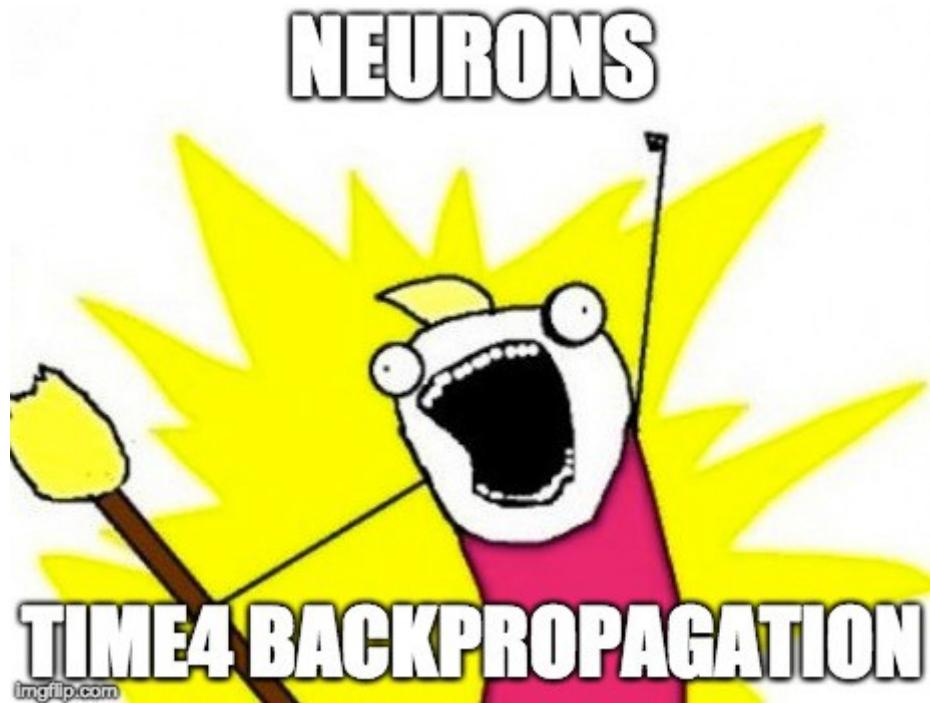


Convolutions et rétropropagations

Depuis qu'AlexNet a remporté le concours ImageNet en 2012, les réseaux de neurones convolutionnels (CNN) sont devenus omniprésents. De l'humble LeNet aux ResNets en passant par DenseNets, les CNN sont partout.

Mais vous êtes-vous déjà demandé ce qui se passe lors d'une passe arrière d'un CNN, en particulier comment fonctionne la rétropropagation dans un CNN. Si vous avez lu sur la rétropropagation, vous auriez vu comment elle est implémentée dans un simple réseau de neurones avec des couches entièrement connectées. (*Le cours d'Andrew Ng sur Coursera fait un excellent travail pour l'expliquer*). Mais, pour la vie de moi, je ne pouvais pas comprendre comment la rétro-propagation fonctionne avec les couches convolutionnelles.



Plus je fouille dans les articles liés aux CNN et à la rétro-propagation, plus je suis confus. Les explications étaient embourbées dans des dérivations et des notations complexes et ils avaient besoin d'un muscle extra-mathématique pour les comprendre. Et je n'allais nulle part.

Je sais, vous n'avez pas besoin de connaître les subtilités mathématiques d'une rétropropagation pour implémenter des CNN. Vous n'êtes pas obligé de les implémenter manuellement. Et par conséquent, la plupart des livres d'apprentissage profond ne le couvrent pas non plus.



Alors, quand j'ai finalement compris, j'ai décidé d'écrire cet article. Pour le simplifier et le démyster. Bien sûr, ce serait formidable si vous compreniez les bases de la rétropropagation pour suivre cet article.

STATUTORY WARNING:

It would be better if you have read about Backpropagations and the use of Derivatives in it

La chose la plus importante à propos de cet article est de vous montrer ceci:

Nous savons tous que la passe avant d'une couche convolutionnelle utilise des convolutions. Mais, la passe en arrière lors de la rétropropagation utilise également des convolutions!

Alors, laissez-nous creuser et commencer par comprendre l'intuition derrière la rétropropagation. (*Et pour cela, nous allons nous appuyer sur l'incroyable conférence CS231n d'Andrej Karpathy - <https://www.youtube.com/watch?v=i94OvYb6noo>*).

Mais si vous connaissez déjà la règle de chaîne dans Backpropagation, vous pouvez passer à la section suivante .

Comprendre la règle de chaîne en rétropropagation:

Considérez cette équation

$$f(x, y, z) = (x + y)z$$

Pour simplifier, divisons-le en deux équations.

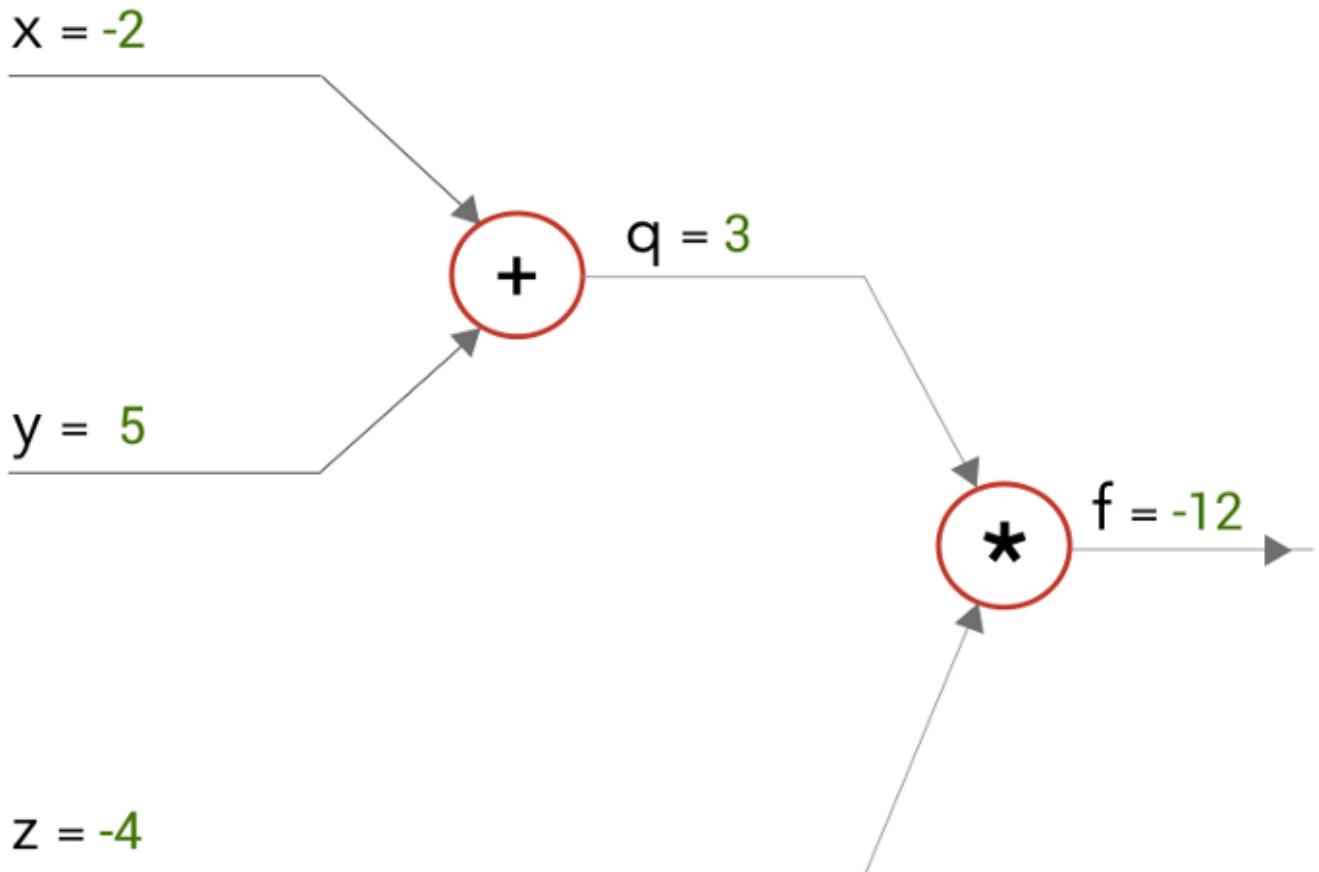
$$f(x, y, z) = (x + y)z$$

$$q = x + y$$

$$f = q * z$$

Maintenant, dessinons pour cela un graphe de calcul avec des valeurs de x, y, z comme $x = -2$, $y = 5$, $z = 4$.





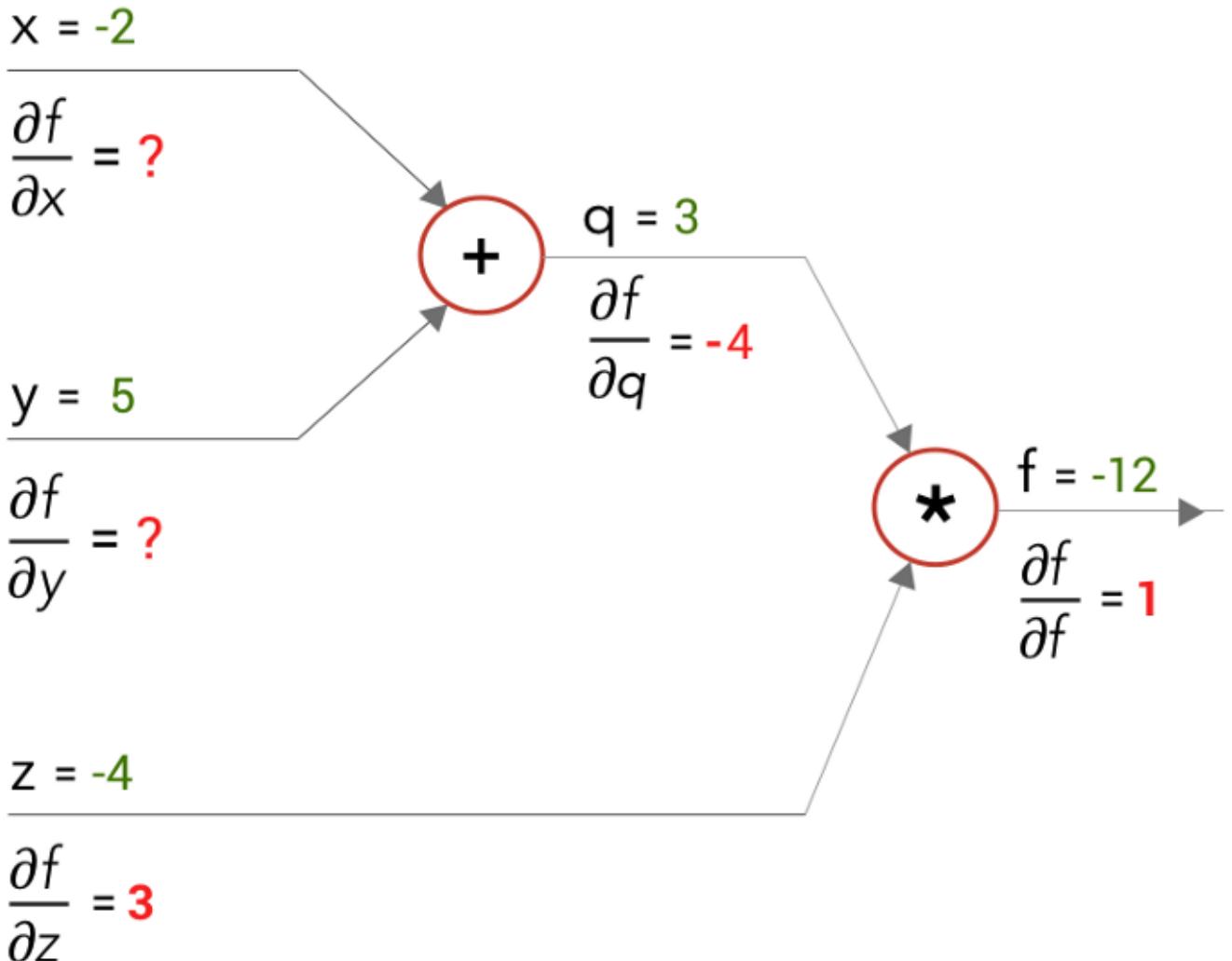
Graphique de calcul de $f = q * z$ où $q = x + y$

Lorsque nous résolvons les équations, en nous déplaçant de gauche à droite, (" la passe avant "), nous obtenons une sortie de $f = -12$

Maintenant, faisons la passe en arrière. Disons, tout comme dans les rétropropagations, nous dérivons les gradients en se déplaçant de droite à gauche à chaque étape. Donc, à la fin, nous devons obtenir les valeurs des gradients de nos entrées x , y et z - $\partial f / \partial x$ et $\partial f / \partial y$ et $\partial f / \partial z$ (fonction de différenciation f en fonction de x , y et z)

En travaillant de droite à gauche, à la porte de multiplication, nous pouvons différencier f pour obtenir les gradients en q et z - $\partial f / \partial q$ et $\partial f / \partial z$. Et à la porte d'ajout, nous pouvons différencier q pour obtenir les gradients en x et y - $\partial q / \partial x$ et $\partial q / \partial y$.





$$f = q * z$$

$$\frac{\partial f}{\partial q} = z \mid z = -4$$

$$\frac{\partial f}{\partial z} = q \mid q = 3$$

$$q = x + y$$

$$\frac{\partial q}{\partial x} = 1 \quad \frac{\partial q}{\partial y} = 1$$

Calcul des gradients et de leurs valeurs dans le graphe de calcul

Nous devons trouver $\frac{\partial f}{\partial x}$ et $\frac{\partial f}{\partial y}$ mais nous n'avons que les valeurs de $\frac{\partial q}{\partial x}$ et $\frac{\partial q}{\partial y}$. Alors, comment s'y prendre?



$\frac{\partial q}{\partial x} = 1$ $\frac{\partial q}{\partial y} = 1$	$\frac{\partial f}{\partial x} = ?$ $\frac{\partial f}{\partial y} = ?$
$\frac{\partial f}{\partial q} = -4$	

Comment trouver $\partial f / \partial x$ et $\partial f / \partial y$

Cela peut être fait en utilisant la règle de la chaîne de différenciation. Par la règle de la chaîne, nous pouvons trouver $\partial f / \partial x$ comme

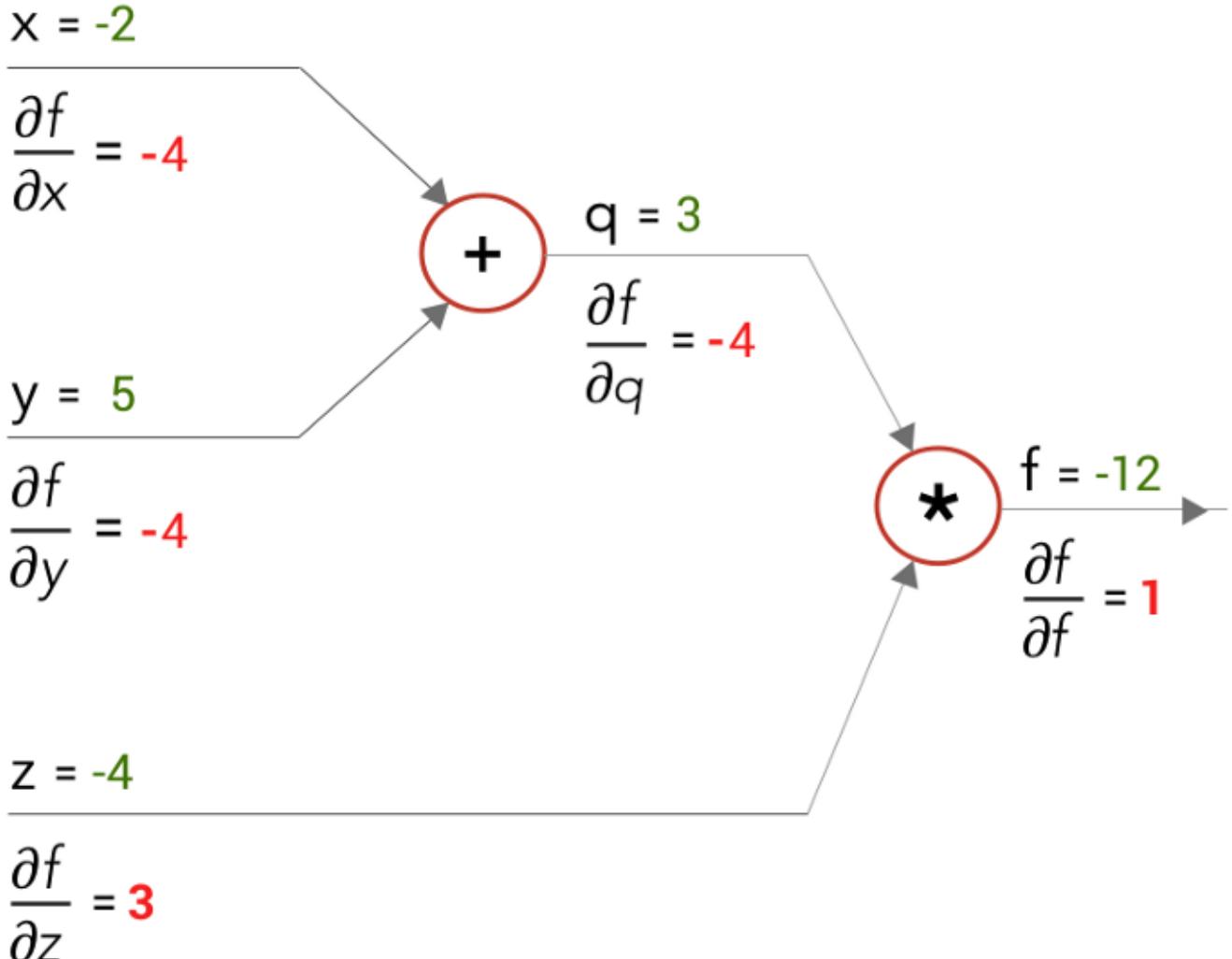
Using chain rule:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial q} * \frac{\partial q}{\partial x}$$

Règle de différenciation en chaîne

Et nous pouvons calculer $\partial f / \partial x$ et $\partial f / \partial y$ comme:





$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial q} * \frac{\partial q}{\partial x} = -4 * 1 = -4$$

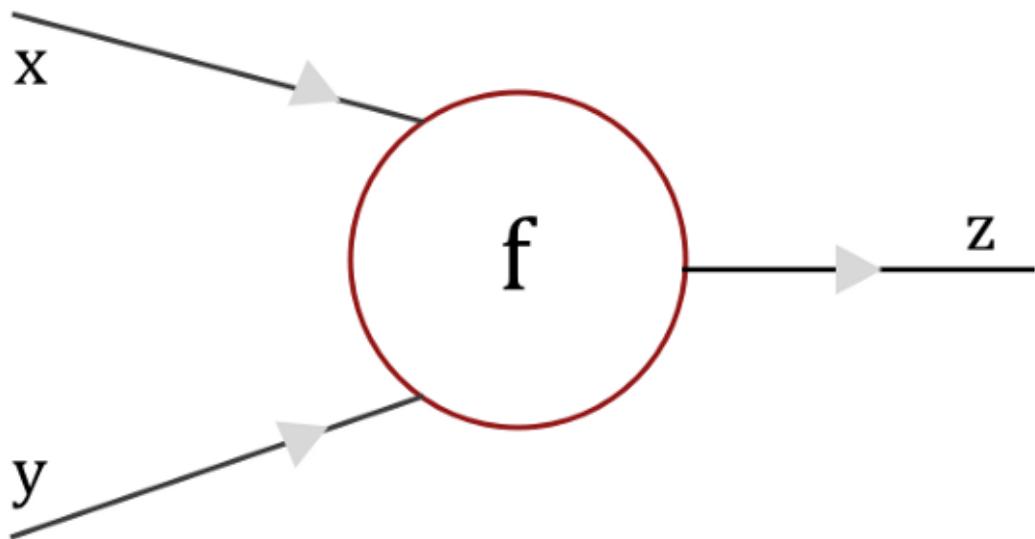
$$\frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial f}{\partial q} * \frac{\partial q}{\partial y} = -4 * 1 = -4$$

Passage en arrière du graphe de calcul avec tous les dégradés

Règle de chaîne dans une couche convolutionnelle

Maintenant que nous avons travaillé sur un graphe de calcul simple, nous pouvons imaginer un CNN comme un graphe de calcul massif. Disons que nous avons une porte f dans ce graphe de calcul avec les entrées x et y qui sortent z .



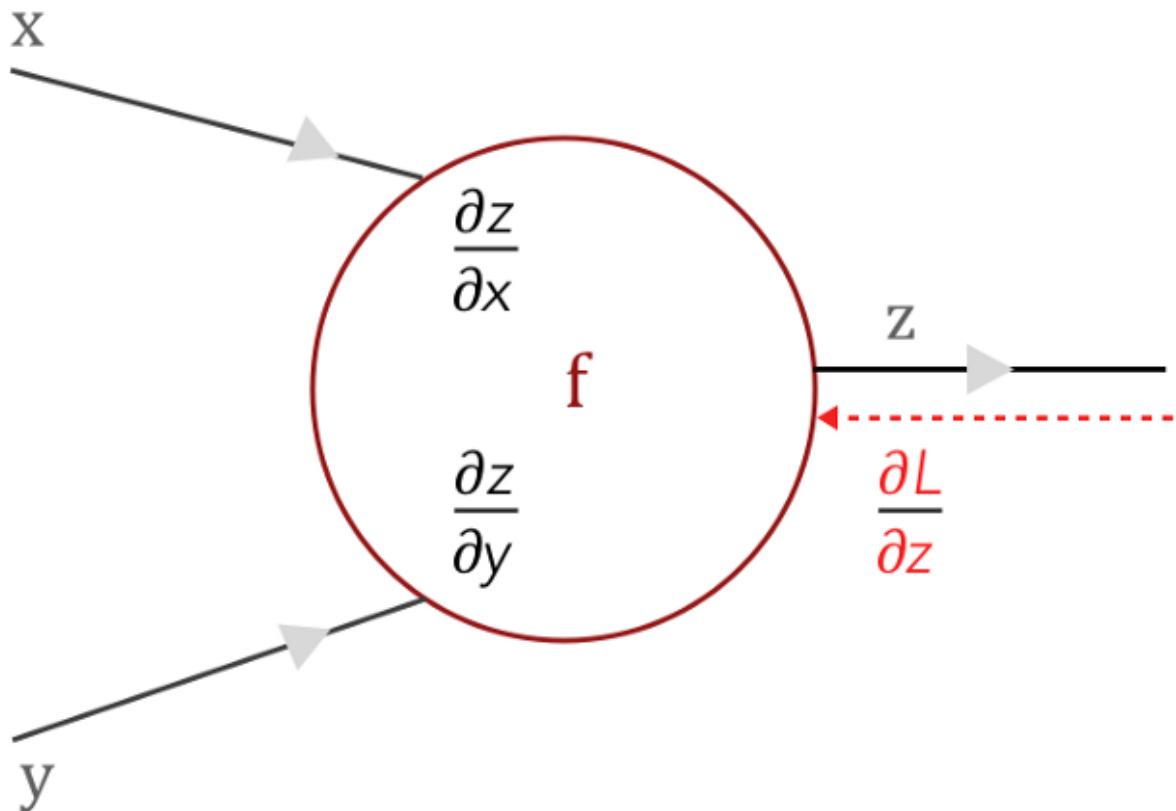


Une fonction simple f qui prend x et y comme entrées et sorties z

Nous pouvons facilement calculer les *gradients locaux* - en différenciant z par rapport à x et y comme $\partial z / \partial x$ et $\partial z / \partial y$

Pour la passe avant, nous nous déplaçons à travers le CNN, en nous déplaçant à travers ses couches et à la fin obtenons la perte, en utilisant la fonction de perte. Et quand nous commençons à travailler la perte à l'envers, couche à travers couche, nous obtenons le gradient de la perte de la couche précédente comme **asL / ∂z**. Pour que la perte se propage aux autres portes, nous devons trouver $\partial L / \partial x$ et $\partial L / \partial y$.





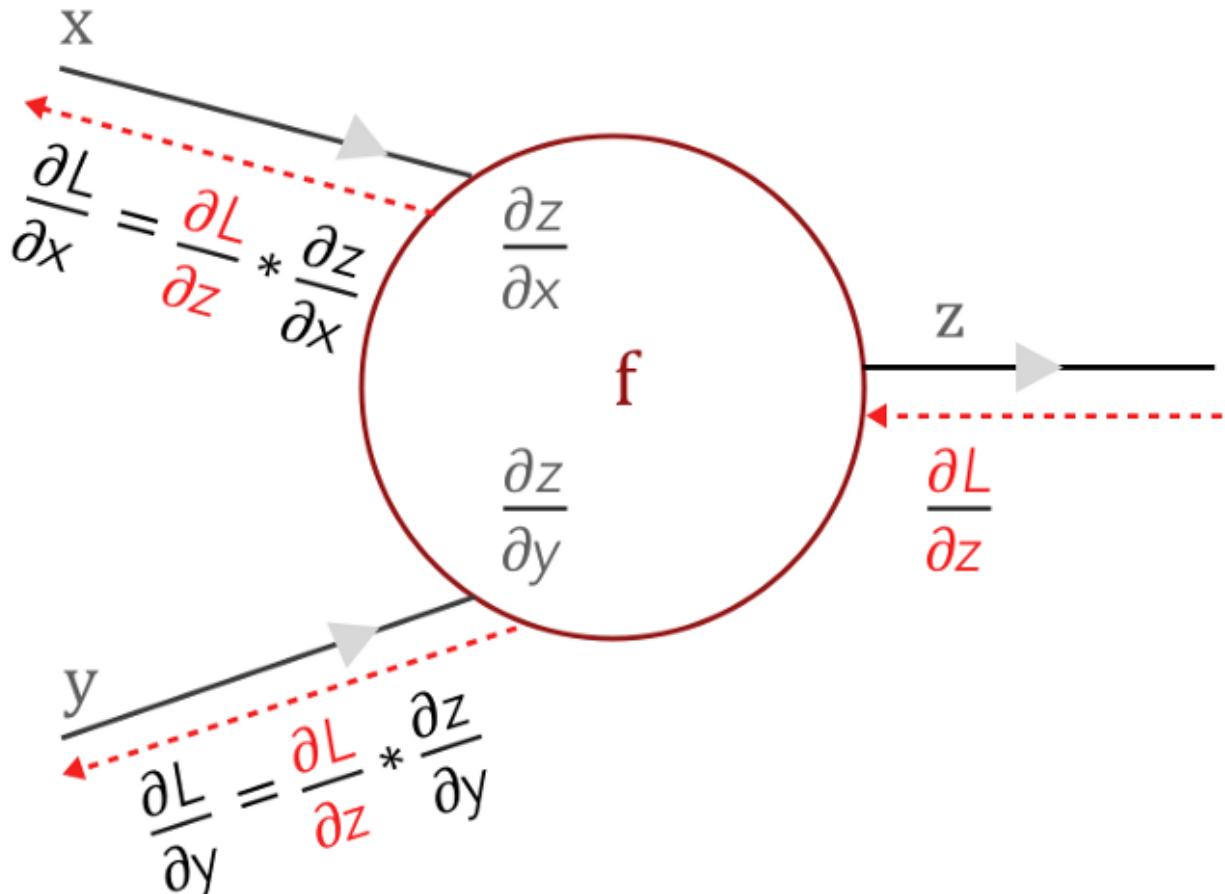
$\frac{\partial z}{\partial x}$ & $\frac{\partial z}{\partial y}$ are local gradients

$\frac{\partial L}{\partial z}$ is the loss from the previous layer which
 $\frac{\partial L}{\partial z}$ has to be backpropagated to other layers

Les gradients locaux peuvent être calculés à l'aide de la fonction f . Maintenant, nous devons trouver $\partial L / \partial x$ et $\partial L / \partial y$, car il doit être propagé vers d'autres couches.

La règle de la chaîne vient à notre aide. En utilisant la règle de la chaîne, nous pouvons calculer $\partial L / \partial x$ et $\partial L / \partial y$, ce qui alimenterait les autres portes du graphe de calcul étendu





$\frac{\partial z}{\partial x}$ & $\frac{\partial z}{\partial y}$ are local gradients

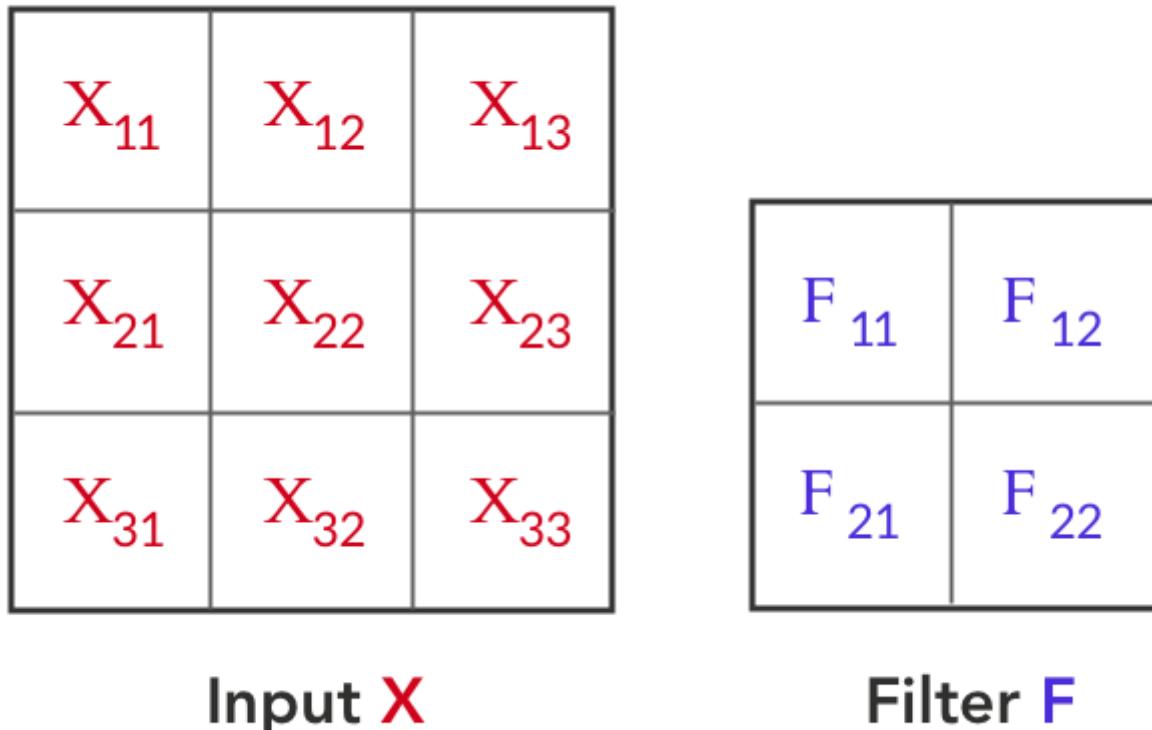
$\frac{\partial L}{\partial z}$ is the loss from the previous layer which
 $\frac{\partial L}{\partial z}$ has to be backpropagated to other layers

Trouver les gradients de perte pour x et y

Alors, qu'est-ce que cela a à voir avec la rétropropagation dans la couche convolutionnelle d'un CNN?

Maintenant, supposons que la fonction **f est une convolution** entre l'entrée X et un filtre F . L'entrée X est une matrice 3×3 et le filtre F est une matrice 2×2 , comme indiqué ci-dessous:





Un exemple simple de couche convolutionnelle avec l'entrée X et le filtre F

La convolution entre l'entrée X et le filtre F, nous donne une sortie O. Cela peut être représenté par:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline
 O_{11} & O_{12} \\ \hline
 O_{21} & O_{22} \\ \hline
 \end{array}
 = \text{Convolution} \left(\begin{array}{|c|c|c|} \hline
 X_{11} & X_{12} & X_{13} \\ \hline
 X_{21} & X_{22} & X_{23} \\ \hline
 X_{31} & X_{32} & X_{33} \\ \hline
 \end{array}, \begin{array}{|c|c|} \hline
 F_{11} & F_{12} \\ \hline
 F_{21} & F_{22} \\ \hline
 \end{array} \right)$$

Output O Input X Filter F

Fonction de convolution entre X et F, donne la sortie O

X_{11}	X_{12}	X_{13}
X_{21}	X_{22}	X_{23}
X_{31}	X_{32}	X_{33}

Input \mathbf{X} 

F_{11}	F_{12}
F_{21}	F_{22}

Filter \mathbf{F}

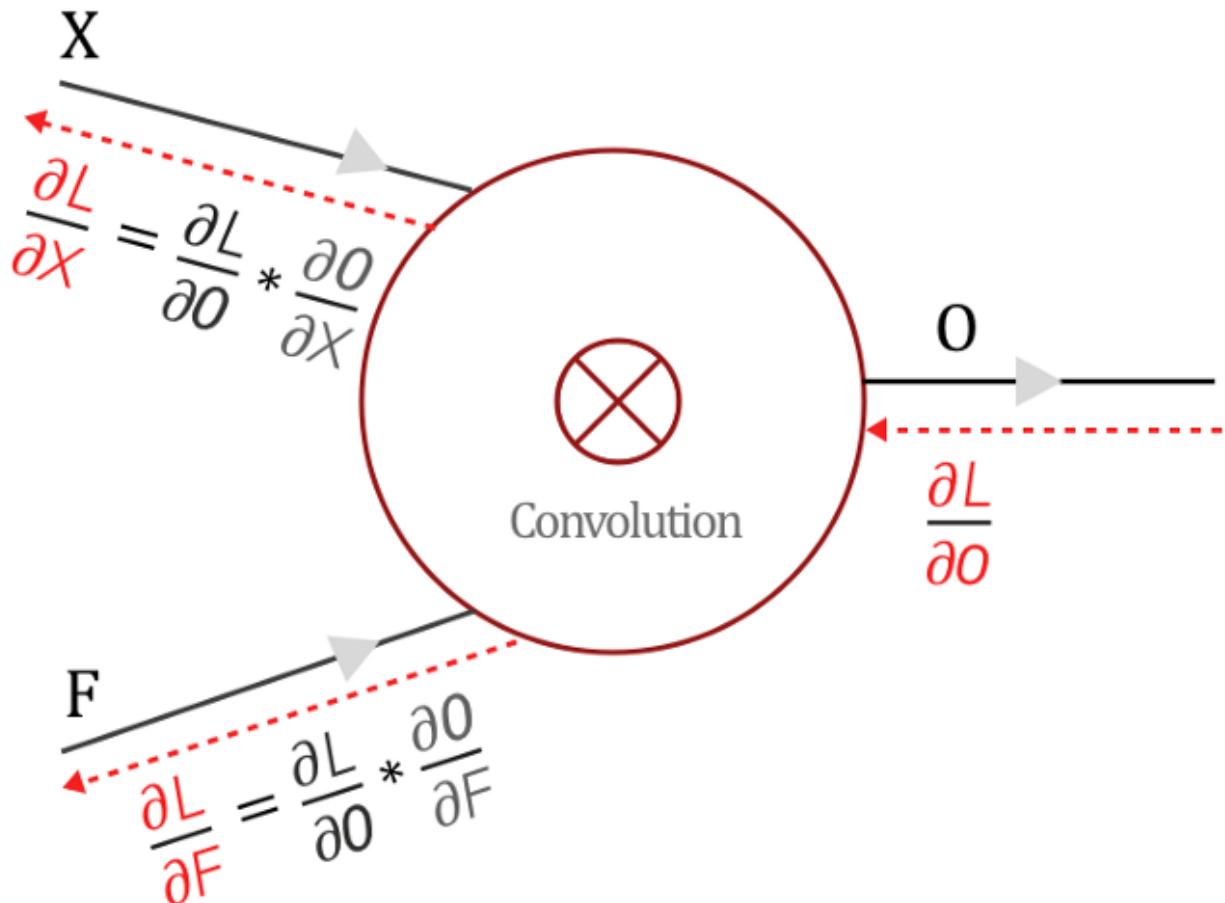
$X_{11}F_{11}$	$X_{12}F_{12}$	X_{13}
$X_{21}F_{21}$	$X_{22}F_{22}$	X_{23}
X_{31}	X_{32}	X_{33}

$$O_{11} = X_{11}F_{11} + X_{12}F_{12} + X_{21}F_{21} + X_{22}F_{22}$$

Opération de convolution nous donnant les valeurs de la sortie O

Cela nous donne la passe avant! Passons à la passe arrière. Comme mentionné précédemment, nous obtenons le gradient de perte par rapport à la sortie O de la couche suivante sous la forme $\partial L / \partial O$, lors du passage arrière. Et en combinant avec nos connaissances précédentes en utilisant la règle de chaîne et la rétropropagation, nous obtenons:





$\frac{\partial O}{\partial X}$ & $\frac{\partial O}{\partial F}$ are local gradients

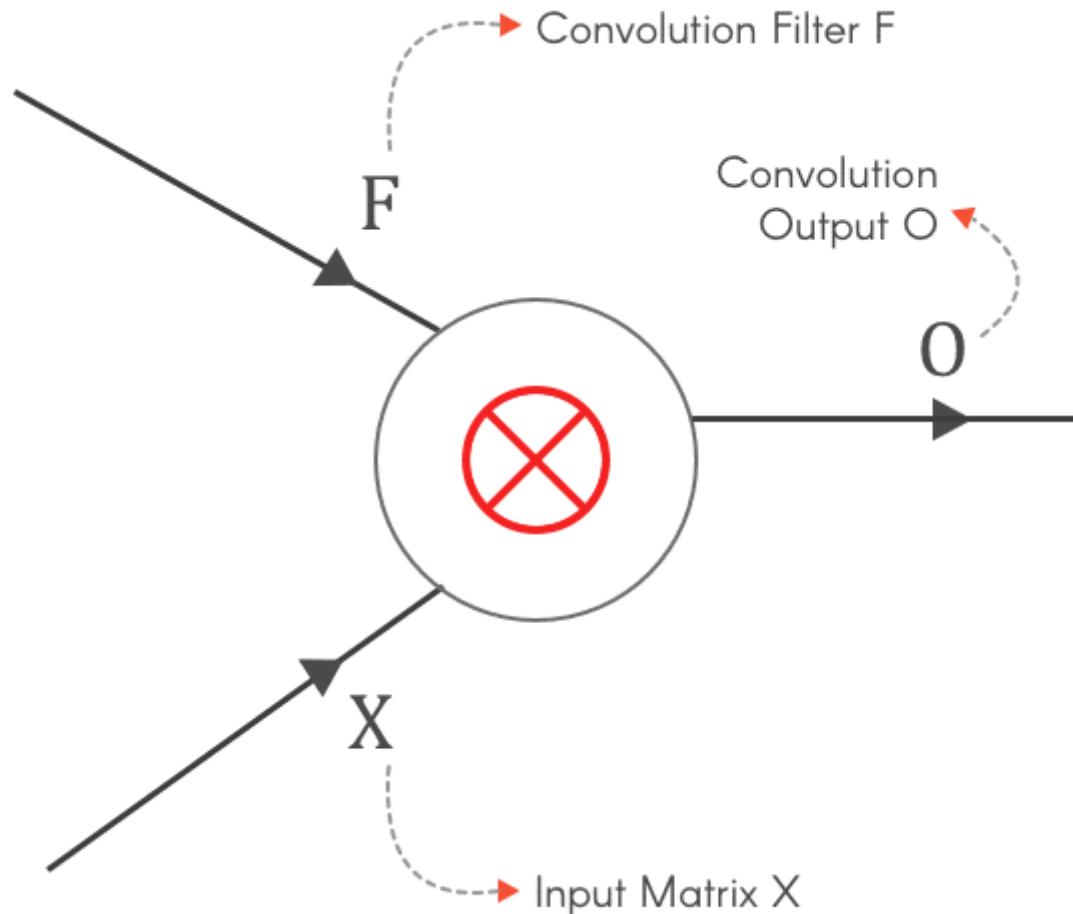
$\frac{\partial L}{\partial z}$ is the loss from the previous layer which has to be backpropagated to other layers

Fonction f pendant la passe arrière

Comme vu ci-dessus, nous pouvons trouver les gradients locaux $\partial O / \partial X$ et $\partial O / \partial F$ par rapport à la sortie O . Et avec le gradient de perte des couches précédentes - $\partial L / \partial O$ et en utilisant la règle de la chaîne, nous pouvons calculer $\partial L / \partial X$ et $\partial L / \partial F$.

Eh bien, mais pourquoi avons-nous besoin de trouver $\partial L / \partial X$ et $\partial L / \partial F$?





Pourquoi devons-nous trouver $\partial L / \partial X$ et $\partial L / \partial F$

Trouvons donc les gradients pour X et F - $\partial L / \partial X$ et $\partial L / \partial F$

Recherche de $\partial L / \partial F$

Cela comporte deux étapes comme nous l'avons fait précédemment.

- Trouvez le gradient local $\partial O / \partial F$
- Trouver $\partial L / \partial F$ en utilisant la règle de chaîne

Cela signifie que nous devons différencier la matrice de sortie O avec le filtre F . De notre opération de convolution, nous connaissons les valeurs. Commençons donc par différencier le premier élément de O - O^{11} par rapport aux éléments de F - F^{11} , F^{12} , F^{21} et F^{22}



Local Gradients —→ A

$$O_{11} = X_{11}F_{11} + X_{12}F_{12} + X_{21}F_{21} + X_{22}F_{22}$$

Finding derivatives with respect to F_{11} , F_{12} , F_{21} and F_{22}

$$\frac{\partial O_{11}}{\partial F_{11}} = X_{11} \quad \frac{\partial O_{11}}{\partial F_{12}} = X_{12} \quad \frac{\partial O_{11}}{\partial F_{21}} = X_{21} \quad \frac{\partial O_{11}}{\partial F_{22}} = X_{22}$$

Similarly, we can find the local gradients for O_{12} , O_{21} and O_{22}

Étape 2: Utilisation de la règle de chaîne:

Comme décrit dans nos exemples précédents, nous devons trouver $\partial L / \partial F$ comme:

$$\frac{\partial L}{\partial F} = \frac{\partial L}{\partial O} * \frac{\partial O}{\partial F}$$

O et F sont des matrices. Et $\partial O / \partial F$ sera une dérivée partielle d'une matrice O par rapport à une matrice F ! En plus de cela, nous devons utiliser la règle de la chaîne. Cela semble compliqué, mais heureusement, nous pouvons utiliser la formule ci-dessous pour l'élargir.

For every element of F

$$\frac{\partial L}{\partial F_i} = \sum_{k=1}^M \frac{\partial L}{\partial O_k} * \frac{\partial O_k}{\partial F_i}$$

Formule pour dériver une dérivée partielle d'une matrice par rapport à une matrice, en utilisant la règle de chaîne

En expansion, nous obtenons ...

$$\frac{\partial L}{\partial F_{11}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * \frac{\partial O_{11}}{\partial F_{11}} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * \frac{\partial O_{12}}{\partial F_{11}} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * \frac{\partial O_{21}}{\partial F_{11}} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * \frac{\partial O_{22}}{\partial F_{11}}$$

$$\frac{\partial L}{\partial F_{12}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * \frac{\partial O_{11}}{\partial F_{12}} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * \frac{\partial O_{12}}{\partial F_{12}} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * \frac{\partial O_{21}}{\partial F_{12}} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * \frac{\partial O_{22}}{\partial F_{12}}$$

$$\frac{\partial L}{\partial F_{21}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * \frac{\partial O_{11}}{\partial F_{21}} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * \frac{\partial O_{12}}{\partial F_{21}} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * \frac{\partial O_{21}}{\partial F_{21}} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * \frac{\partial O_{22}}{\partial F_{21}}$$

$$\frac{\partial L}{\partial F_{22}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * \frac{\partial O_{11}}{\partial F_{22}} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * \frac{\partial O_{12}}{\partial F_{22}} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * \frac{\partial O_{21}}{\partial F_{22}} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * \frac{\partial O_{22}}{\partial F_{22}}$$

Dérivés de $\partial L / \partial F$

En substituant les valeurs du gradient local - **$\partial O / \partial F$ de l'équation A** , on obtient



$$\frac{\partial L}{\partial F_{11}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * X_{11} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * X_{12} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * X_{21} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * X_{22}$$

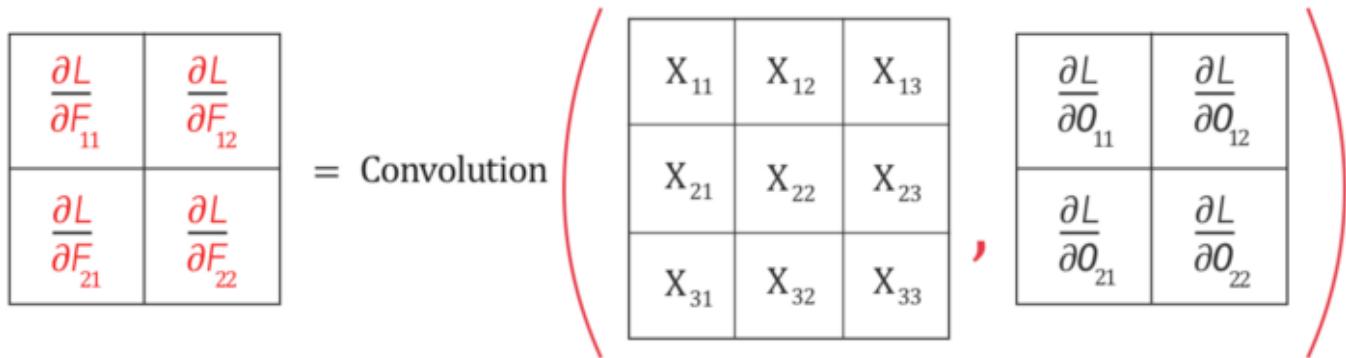
$$\frac{\partial L}{\partial F_{12}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * X_{12} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * X_{13} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * X_{22} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * X_{23}$$

$$\frac{\partial L}{\partial F_{21}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * X_{21} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * X_{22} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * X_{31} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * X_{32}$$

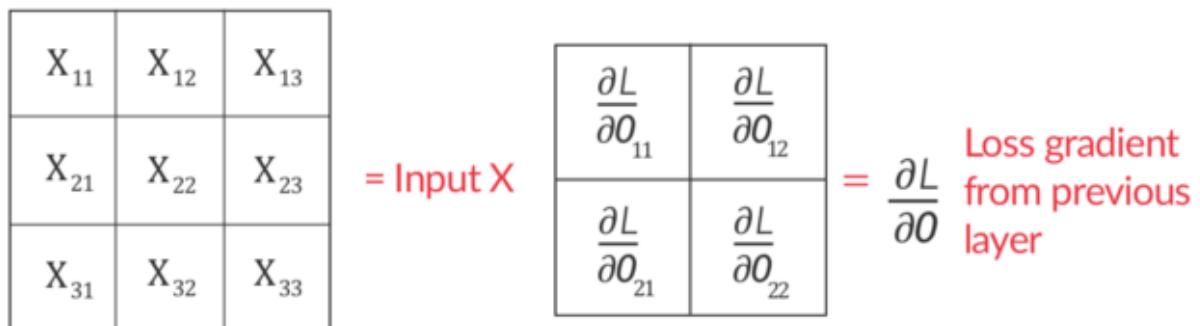
$$\frac{\partial L}{\partial F_{22}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * X_{22} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * X_{23} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * X_{32} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * X_{33}$$

Utilisation des valeurs de gradients locaux de l'équation A

Si vous l'examinez attentivement, cela représente une opération que nous connaissons bien. Nous pouvons le représenter comme une **opération de convolution entre l'entrée X et le gradient de perte $\partial L / \partial O$ comme indiqué ci-dessous:**



where



$\partial L / \partial F = \text{Convolution de la matrice d'entrée } X \text{ et gradient de perte } \partial L / \partial O$

$\partial L / \partial F$ n'est rien d'autre que la convolution entre l'entrée X et le gradient de perte de la couche suivante $\partial L / \partial O$

Recherche de $\partial L / \partial X$:

Étape 1: Recherche du gradient local - $\partial O / \partial X$:

Similaire à la façon dont nous avons trouvé les gradients locaux plus tôt, nous pouvons trouver $\partial O / \partial X$ comme:

Local Gradients: 

$$O_{11} = X_{11}F_{11} + X_{12}F_{12} + X_{21}F_{21} + X_{22}F_{22}$$

Differentiating with respect to X_{11}, X_{12}, X_{21} and X_{22}

$$\frac{\partial O_{11}}{\partial X_{11}} = F_{11} \quad \frac{\partial O_{11}}{\partial X_{12}} = F_{12} \quad \frac{\partial O_{11}}{\partial X_{21}} = F_{21} \quad \frac{\partial O_{11}}{\partial X_{22}} = F_{22}$$

Similarly, we can find local gradients for O_{12}, O_{21} and O_{22}

Gradients locaux $\partial O / \partial X$

Étape 2: Utilisation de la règle de chaîne:

For every element of X_i

$$\frac{\partial L}{\partial X_i} = \sum_{k=1}^M \frac{\partial L}{\partial O_k} * \frac{\partial O_k}{\partial X_i}$$

En développant cela et en remplaçant l'équation B, nous obtenons



$$\frac{\partial L}{\partial X_{11}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * F_{11}$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{12}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * F_{12} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * F_{11}$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{13}} = \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * F_{12}$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{21}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * F_{21} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * F_{11}$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{22}} = \frac{\partial L}{\partial O_{11}} * F_{22} + \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * F_{21} + \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * F_{12} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * F_{11}$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{23}} = \frac{\partial L}{\partial O_{12}} * F_{22} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * F_{12}$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{31}} = \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * F_{21}$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{32}} = \frac{\partial L}{\partial O_{21}} * F_{22} + \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * F_{21}$$

$$\frac{\partial L}{\partial X_{33}} = \frac{\partial L}{\partial O_{22}} * F_{22}$$

Dérivées de $\partial L / \partial X$ utilisant des gradients locaux de l'équation

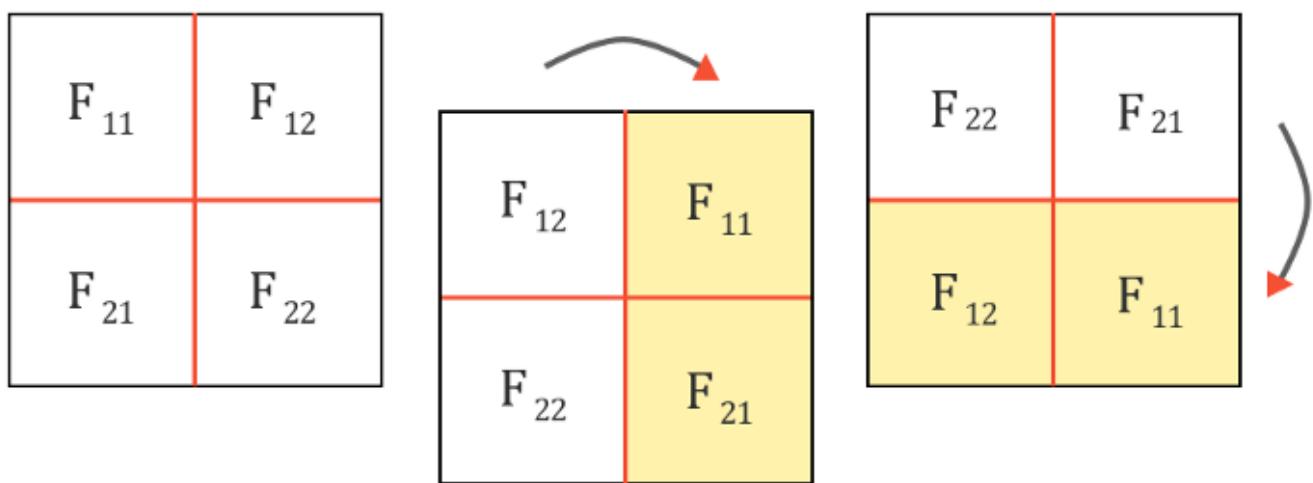
D'accord. Nous avons maintenant les valeurs de $\partial L / \partial X$.

Croyez-le ou non, même cela peut être représenté comme une opération de convolution.



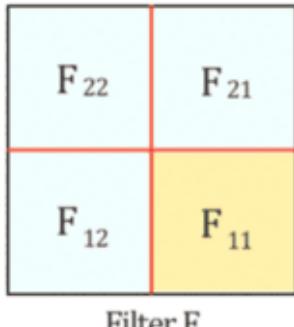
$\partial L / \partial X$ peut être représenté comme une convolution `` complète '' entre un filtre F pivoté à 180 degrés et un gradient de perte $\partial L / \partial O$

Commençons par faire pivoter le filtre F de 180 degrés. Cela se fait en le retournant d'abord verticalement, puis horizontalement.



Renverser le filtre F de 180 degrés - le retourner verticalement et horizontalement

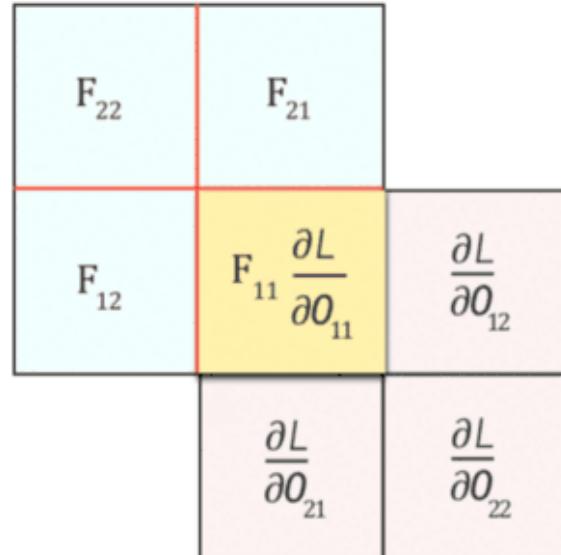
Maintenant, faisons une convolution `` complète '' entre ce filtre inversé F et $\partial L / \partial O$, qui peut être visualisé comme ci-dessous: (C'est comme glisser une matrice sur une autre de droite à gauche, de bas en haut)



$$\frac{\partial L}{\partial X_{11}} = F_{11} * \frac{\partial L}{\partial O_{11}}$$

$\frac{\partial L}{\partial O_{11}}$	$\frac{\partial L}{\partial O_{12}}$
$\frac{\partial L}{\partial O_{21}}$	$\frac{\partial L}{\partial O_{22}}$

Loss Gradient $\frac{\partial L}{\partial O}$



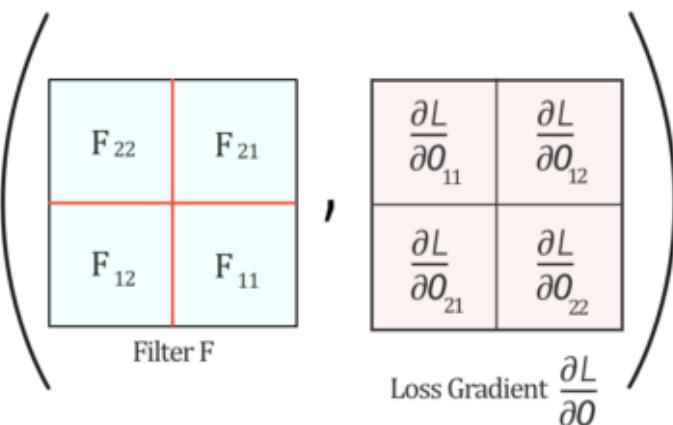
@pavisj

Opération de convolution complète visualisée entre le filtre F retourné à 180 degrés et le gradient de perte $\partial L / \partial O$

La convolution complète ci-dessus génère les valeurs de $\partial L / \partial X$ et nous pouvons donc représenter $\partial L / \partial X$ comme

$\frac{\partial L}{\partial X_{11}}$	$\frac{\partial L}{\partial X_{12}}$	$\frac{\partial L}{\partial X_{13}}$
$\frac{\partial L}{\partial X_{21}}$	$\frac{\partial L}{\partial X_{22}}$	$\frac{\partial L}{\partial X_{23}}$
$\frac{\partial L}{\partial X_{31}}$	$\frac{\partial L}{\partial X_{32}}$	$\frac{\partial L}{\partial X_{33}}$

= Full Convolution



$\frac{\partial L}{\partial X}$

$\partial L / \partial X$ peut être représenté comme une convolution "complète" entre un filtre F pivoté à 180 degrés et un gradient de perte $\partial L / \partial O$

Eh bien, maintenant que nous avons trouvé $\partial L / \partial X$ et $\partial L / \partial F$, nous pouvons maintenant arriver à cette conclusion

La passe avant et la propagation arrière d'une couche convolutionnelle sont des convolutions

Pour résumer:



Backpropagation in a Convolutional Layer of a CNN

Finding the gradients:

$$\frac{\partial L}{\partial F} = \text{Convolution} \left(\text{Input } X, \text{ Loss gradient } \frac{\partial L}{\partial O} \right)$$

$$\frac{\partial L}{\partial X} = \text{Full Convolution} \left(180^\circ \text{rotated Filter } F, \text{ Loss Gradient } \frac{\partial L}{\partial O} \right)$$

Comment calculer $\partial L / \partial X$ et $\partial L / \partial F$

J'espère que cela a aidé à expliquer le fonctionnement de la rétro-propagation dans une couche convolutionnelle d'un CNN.

Si vous souhaitez en savoir plus à ce sujet, consultez ces liens ci-dessous. Et montrez un peu d'amour en applaudissant pour cet article. Adios! :)

YOU MAY LIKE



Mauvaise audition ?
Améliorez votre qualité
auditive de 100 % !

Hedrapure



Pas besoin de Viagra pour
une expérience sexuelle
ultime

VirilBlue



Soigner les varices aux
jambes. Les médecins sont
stupéfaits!

Solvenin

- Japanese (<https://ichi.pro/tatamikomi-to-bakkupuropage-shon-76976191659308>)
- Spanish (<https://ichi.pro/es/convoluciones-y-retropropagaciones-76976191659308>)
- German (<https://ichi.pro/de/faltungen-und-backpropagations-76976191659308>)
- French (<https://ichi.pro/fr/convolutions-et-retropropagations-76976191659308>)
- Thai (<https://ichi.pro/th/convolutions-laea-backpropagations-76976191659308>)
- Portuguese (<https://ichi.pro/pt/convolucoes-e-retropropagacoes-76976191659308>)
- Russian (<https://ichi.pro/ru/svertki-i-obratnoe-rasprostranenie-76976191659308>)
- Vietnamese (<https://ichi.pro/vi/chuyen-doi-va-lan-truyen-nguoc-76976191659308>)
- Italian (<https://ichi.pro/it/convoluzioni-e-backpropagations-76976191659308>)
- Korean (<https://ichi.pro/ko/keonbol-lusyeon-mich-yeog-jeonpa-76976191659308>)

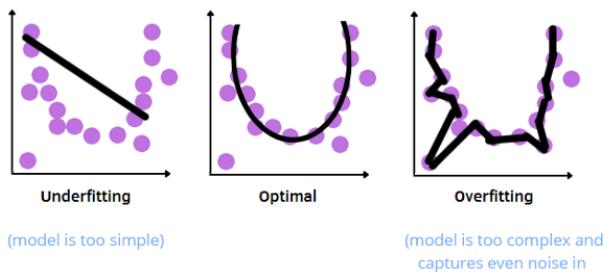


[Turkish \(https://ichi.pro/tr/konvolusyonlar-ve-geri-yayinlamalar-76976191659308\)](https://ichi.pro/tr/konvolusyonlar-ve-geri-yayinlamalar-76976191659308)[Indonesian \(https://ichi.pro/id/konvolusi-dan-propagasi-balik-76976191659308\)](https://ichi.pro/id/konvolusi-dan-propagasi-balik-76976191659308)[Polish \(https://ichi.pro/pl/zwoje-i-propagacje-wsteczne-76976191659308\)](https://ichi.pro/pl/zwoje-i-propagacje-wsteczne-76976191659308)[Hindi \(https://ichi.pro/hi/batacita-aura-baikapropaignementesana-76976191659308\)](https://ichi.pro/hi/batacita-aura-baikapropaignementesana-76976191659308)

Suggested posts

Un guide complet des techniques de régularisation en apprentissage profond
[\(https://ichi.pro/fr/un-guide-complet-des-techniques-de-regularisation-en-apprentissage-profond-218191772724327\)](https://ichi.pro/fr/un-guide-complet-des-techniques-de-regularisation-en-apprentissage-profond-218191772724327)

Comprendre comment la régularisation peut être utile pour améliorer les performances de votre modèle



[\(https://ichi.pro/fr/un-guide-complet-des-techniques-de-regularisation-en-apprentissage-profond-218191772724327\)](https://ichi.pro/fr/un-guide-complet-des-techniques-de-regularisation-en-apprentissage-profond-218191772724327)

Lorsque j'ai commencé mon parcours Data Science, j'ai rencontré beaucoup de difficultés lors de la gestion de mon premier projet. Il y avait une séquence d'étapes pour résoudre le problème, mais je n'avais toujours pas une vue d'ensemble claire et j'avais besoin de beaucoup de patience et de temps pour bien comprendre les concepts clés.

Une introduction douce à PySpark
[\(https://ichi.pro/fr/une-introduction-douce-a-pyspark-198915511130547\)](https://ichi.pro/fr/une-introduction-douce-a-pyspark-198915511130547)

Découvrez le moteur d'analyse utilisé par Facebook, Netflix et d'autres géants de la technologie



[\(https://ichi.pro/fr/une-introduction-douce-a-pyspark-198915511130547\)](https://ichi.pro/fr/une-introduction-douce-a-pyspark-198915511130547)

C'était en mai 2018, et ce qui s'est passé ensuite était terrifiant. Il y a quelques instants, j'avais ouvert en toute confiance un nouveau bloc-notes dans Colab, ravi d'effectuer des analyses à l'aide de mon langage de programmation préféré.

Related posts

COMMENT OBTENIR UNE PEAU DE VERRE CORÉEN À LA MAISON
[\(https://ichi.pro/fr/comment-obtenir-une-peau-de-verre-coreen-a-la-maison-67518030966440\)](https://ichi.pro/fr/comment-obtenir-une-peau-de-verre-coreen-a-la-maison-67518030966440)





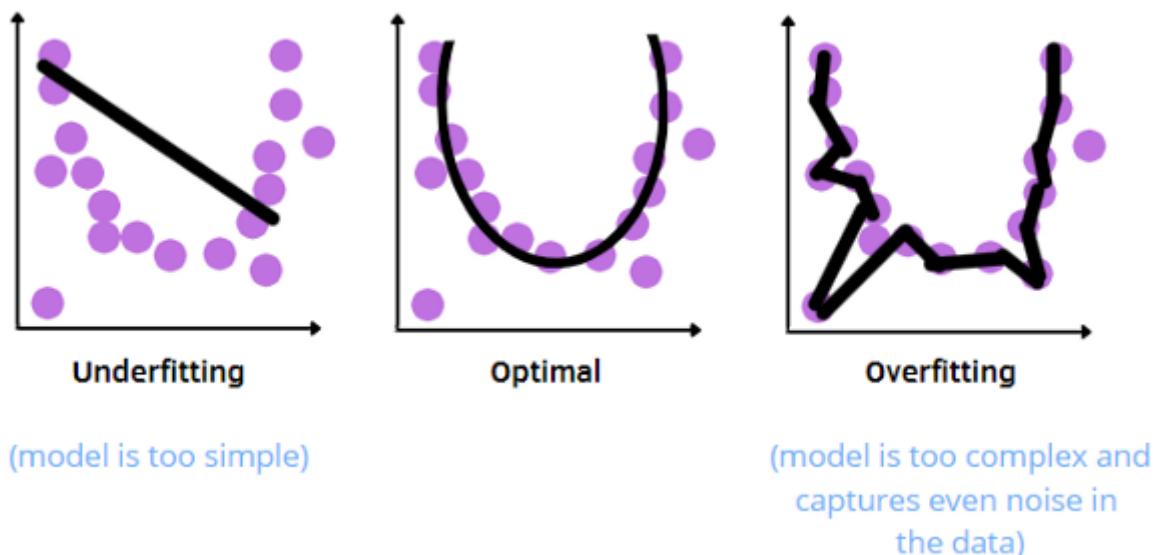
(<https://ichi.pro/fr/comment-obtenir-une-peau-de-verre-coreen-a-la-maison-67518030966440>)

Les soins de la peau coréens sont axés sur les soins personnels, la protection de la peau contre les dommages et la maintien de sa santé. La beauté coréenne ne consiste pas seulement à être jolie, mais plutôt à prendre soin de soi.

Un guide complet des techniques de régularisation en apprentissage profond (<https://ichi.pro/fr/un-guide-complet-des-techniques-de-regularisation-en-apprentissage-profond-218191772724327>)

Comprendre comment la régularisation peut être utile pour améliorer les performances de votre modèle





(<https://ichi.pro/fr/un-guide-complet-des-techniques-de-regularisation-en-apprentissage-profound-218191772724327>)

Lorsque j'ai commencé mon parcours Data Science, j'ai rencontré beaucoup de difficultés lors de la gestion de mon premier projet. Il y avait une séquence d'étapes pour résoudre le problème, mais je n'avais toujours pas une vue d'ensemble claire et j'avais besoin de beaucoup de patience et de temps pour bien comprendre les concepts clés.

De la K-Pop au football : le passé, le présent et l'avenir des fans de la communauté (<https://ichi.pro/fr/de-la-k-pop-au-football-le-passe-le-present-et-l-avenir-des-fans-de-la-communaute-206904179448817>)



(<https://ichi.pro/fr/de-la-k-pop-au-football-le-passe-le-present-et-l-avenir-des-fans-de-la-communaute-206904179448817>)

La comparaison entre le sport et la musique semble aussi étrange que diversifiée. Je veux dire, il n'y a sûrement aucun lien entre les milliers de personnes qui agrippent les bords de leurs sièges au stade de Wembley et regardent une finale de Coupe du monde et le groupe de personnes qui chantent de tout leur cœur lors du concert de la tournée mondiale de Justin Bieber... n'est-ce pas ? Et pourtant, lorsque vous approfondissez, lorsque vous regardez vraiment comment les gens soutiennent qui ils soutiennent, pourquoi les gens regardent ce qu'ils regardent et pourquoi les gens aiment ce qu'ils aiment, il y a un lien vraiment intéressant à établir.

Pourquoi 'Ne regarde pas en l'air' m'a énervé
(<https://ichi.pro/fr/pourquoi-ne-regarde-pas-en-l-air-m-a-enerve-69573815260461>)

En tant qu'œuvre d'art sombre reflétant notre société, c'est phénoménal. Mais j'espérais bien plus que ça.

MORE COOL STUFF



Le chef Ben de Under Deck décrit la chef Rachel comme "une poignée" et "je l'apprécie" (<https://snews.pro/fr/p/le-chef-ben-de-under-deck-decrit-la-chef-rachel-comme-une-poignee-et-je-l-apprecie-15772498>)



(<https://snews.pro/fr/p/le-chef-ben-de-under-deck-decrit-la-chef-rachel-comme-une-poignee-et-je-l-apprecie-15772498>)

Le chef Ben de « Below Deck » a partagé ce qu'il pense vraiment du chef Rachel, révélant qu'elle est une « poignée » mais qu'il « l'apprécie ».

⌚ 2021-12-30.

Edie Falco révèle le moment où elle a su que son abus d'alcool était allé trop loin (<https://snews.pro/fr/p/edie-falco-revele-le-moment-où-elle-a-su-que-son-abus-d-alcool-était-allé-trop-loin-15764977>)





(<https://snews.pro/fr/p/edie-falco-revele-le-moment-ou-elle-a-su-que-son-abus-d-alcool-etait-alle-trop-loin-15764977>)

Edie Falco a expliqué comment sa bataille contre l'alcoolisme avait commencé et comment elle avait pu y faire face tout en se construisant une carrière incroyable.

⌚ 2021-12-30.



"Gilmore Girls": Edward Herrmann de Richard Gilmore a dit une fois que le casting "s'ennuyait" après 7 ans
(<https://snews.pro/fr/p/gilmore-girls-edward-herrmann-de-richard-gilmore-a-dit-une-fois-que-le-casting-s-ennuyait-apres-7-ans-15764882>)



(<https://snews.pro/fr/p/gilmore-girls-edward-herrmann-de-richard-gilmore-a-dit-une-fois-que-le-casting-s-ennuyait-apres-7-ans-15764882>)

Edward Herrmann, l'acteur qui a joué Richard Gilmore dans "Gilmore Girls", a un jour admis que lui et les acteurs "s'ennuyaient tous" en filmant la série.

⌚ 2021-12-30.



'The Blacklist' Saison 9: Tout ce dont les fans doivent se souvenir à l'approche de 2022 (<https://snews.pro/fr/p/the-blacklist-saison-9-tout-ce-dont-les-fans-doivent-se-souvenir-a-l-approche-de-2022-15771381>)



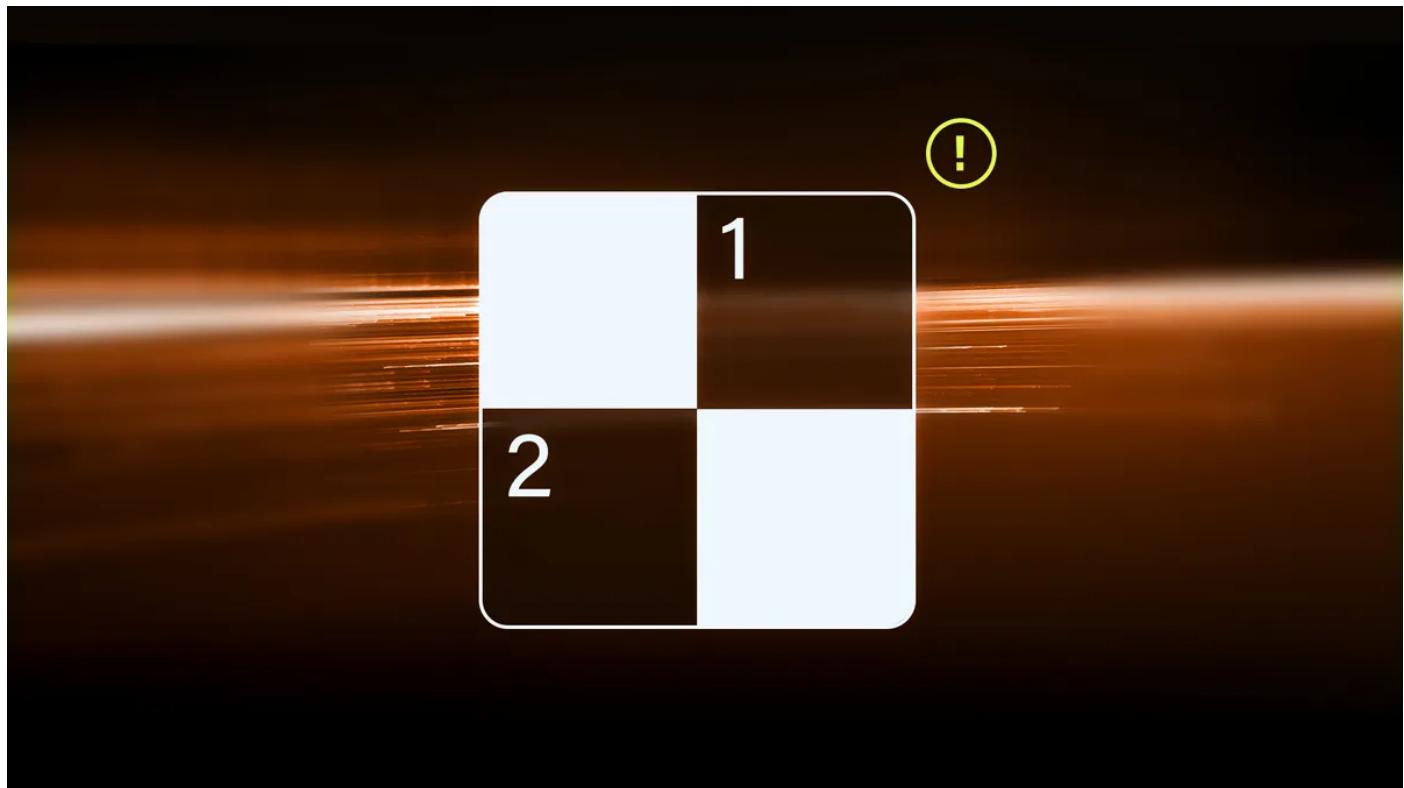
(<https://snews.pro/fr/p/the-blacklist-saison-9-tout-ce-dont-les-fans-doivent-se-souvenir-a-l-approche-de-2022-15771381>)

La saison 9 de "The Blacklist" ne reviendra pas avec de nouveaux épisodes avant 2022. Voici tout ce dont les fans doivent se souvenir lorsque la série reviendra.

© 2021-12-30.



Essayez nos mini mots croisés (https://ihow.pro/fr/p/essayez-nos-mini-mots-croises/IzE_ai7KuiFRcO2EjeljO7Ptq2iE6FKhDNOFK0nuH0Q)



(https://ihow.pro/fr/p/essayez-nos-mini-mots-croises/IzE_ai7KuiFRcO2EjeljO7Ptq2iE6FKhDNOFK0nuH0Q)

Mis à jour chaque semaine, nos mini mots croisés combinent nos lectures préférées de HowStuffWorks avec des indices intelligents !

© 2021-11-09.



Qu'est-ce qui fonctionne le mieux : dosettes de lessive, détergents en poudre ou liquides ? (<https://ihow.pro/fr/p/qu-est-ce-qui-fonctionne-le-mieux-dosettes-de-lessive-detergents-en-poudre-ou-liquides/f3UYf21CX0Ewl-b8WbdaJS8cRMUedxAok6cZIEkgWbCJGOKId8sFCQgy3wW7OVPR>)



(<https://ihow.pro/fr/p/qu-est-ce-qui-fonctionne-le-mieux-dosettes-de-lessive-detergents-en-poudre-ou-liquides/f3UYf21CX0Ewl-b8WbdaJS8cRMUedxAok6cZIEkgWbCJGOKId8sFCQgy3wW7OVPR>)

Faire la lessive est déjà assez pénible sans avoir à se soucier de choisir le bon détergent. Alors, laquelle est la meilleure ? Ou est-ce même important ?

⌚ 2021-11-09.



La véritable histoire du peuple bleu du Kentucky (<https://ihow.pro/fr/p/la-veritable-histoire-du-peuple-bleu-du-kentucky/CVz85qEprdjvL3zxx99MYH9zjZEeFN0g2YSWIfQkK2A>)



(<https://ihow.pro/fr/p/la-veritable-histoire-du-peuple-bleu-du-kentucky/CVz85qEprdjvL3zxx99MYH9zjZEeFN0g2YSWIfQkK2A>)

Les familles Fugates et Combs du Kentucky rural ont perdu la loterie génétique, partageant toutes deux un trait récessif rare qui rendait leur peau bleue lorsqu'ils se mariaient entre eux. Quelle en était la cause ? Et qu'est-il arrivé aux familles?

⌚ 2021-11-08.



Le Condor de Californie 'Virgin Birth' pourrait-il sauver l'espèce ?
(https://ihow.pro/fr/p/le-condor-de-californie-virgin-birth-pourrait-il-sauver-l-espece/IWbR-8WeuFoASbPZ_90r-pTbmW5fNoQrBGZG_yaWijU)



(https://ihow.pro/fr/p/le-condor-de-californie-virgin-birth-pourrait-il-sauver-l-espece/IWbR-8WeuFoASbPZ_90r-pTbmW5fNoQrBGZG_yaWijU)

Deux poussins mâles sans père sont élevés dans le cadre d'un programme visant à sauver le condor de Californie de l'extinction. Comment de telles naissances « vierges » sont-elles possibles ?

© 2021-11-05.

Toutes les tenues étonnantes de Cardi B des American Music Awards 2021 (https://knews.vip/fr/p/toutes-les-tenues-etonnantes-de-cardi-b-des-american-music-awards-2021/BOY7mFEGid21Tm7gF5vL6egiWfA-xnUKU15Ctkg5WgD4CIrSg2qfp4bo0PwWPGRW4sgmofZSBidv_7mcL3e)





(https://knews.vip/fr/p/toutes-les-tenues-étonnantes-de-cardi-b-des-american-music-awards-2021/BOY7mFEGid21Tm7gF5vL6egiWfA-xnUKU15Ctkg5WgD4ClrSg2qfp4bo0PwWPGRW4sgmofZSBidv_7mcL3eeg)

Cardi B a accueilli les American Music Awards 2021 dans une série de looks haute couture – voyez-les tous !

© 2021-11-22.

Chlöe révèle qu'elle est « une telle fan » de BTS – puis les rencontre

<https://ichi.pro/fr/convolutions-et-retropropagations-76976191659308>



sur le tapis rouge des American Music Awards !
(https://knews.vip/fr/p/chloe-revele-qu-elle-est-une-telle-fan-de-bts-puis-les-rencontre-sur-le-tapis-rouge-des-american-music/pSYRwUPn6MF8ogE_zEUNUUTFcE5CdfpPwavYW1-EriNZqKog761Kvv7OwWv4OEEk2sbJIM5wV4KN3tPytxmXQRGUqrG2Vsyw)





(https://knews.vip/fr/p/chloe-revele-qu-elle-est-une-telle-fan-de-bts-puis-les-rencontre-sur-le-tapis-rouge-des-american-music/pSYRwUPn6MF8ogE_zEUNUUTFcE5CdfpPwavYW1-EriNZqKog761Kvv7OwWv4OEEk2sbJIM5wV4KN3tPytxmXQRGUqrG2Vsy47J1AFaDDP-w)

Chlöe a pris un selfie avec les garçons de BTS sur le tapis rouge des AMA.

⌚ 2021-11-22.



RHOP Reunion Partie 3: Nicki Minaj fait une apparition surprise à l'hôte invité - et elle prend parti (https://knews.vip/fr/p/rhop-reunion-partie-3-nicki-minaj-fait-une-apparition-surprise-a-l-hote-invite-et-elle-prend-parti/3KyoLQ_MNcMK2Rgalb3kY8d65yh_oZmoMWDkQT7wLDrcOB1wQ7CRpr5ZwdU8OdLFUfSVZS0dMOfmzeO9-El17kZmdXvXTHS2TZhJ1Eis0EVWZIg)

 RHOP Reunion Partie 3: Nicki Minaj fait une apparition surprise à l'hôte invité - et elle prend parti (https://knews.vip/fr/p/rhop-reunion-partie-3-nicki-minaj-fait-une-apparition-surprise-a-l-hote-invite-et-elle-prend-parti/3KyoLQ_MNcMK2Rgalb3kY8d65yh_oZmoMWDkQT7wLDrcOB1wQ7CRpr5ZwdU8OdLFUfSVZS0dMOfmzeO9-El17kZmdXvXTHS2TZhJ1Eis0EVWZIg)

La quatrième et dernière partie de la réunion de la saison 6 de The Real Housewives of Potomac sera diffusée le 28 novembre

© 2021-11-22.



Kulture, la fille de Cardi B et Offset, montre de belles nouvelles tresses sur Instagram (https://knews.vip/fr/p/kulture-la-fille-de-cardi-b-et-offset-montre-de-belles-nouvelles-tresses-sur-instagram/qddF9kerpykNTJM5e7pQURlpd15HgoV3iQzmr7y-q1oQ3KC44HcWB1ayRRL5XJ_4tf8Ur4nMUeMY7_kuXe79zxRn8rslnl95hV)



(https://knews.vip/fr/p/kulture-la-fille-de-cardi-b-et-offset-montre-de-belles-nouvelles-tresses-sur-instagram/qddF9kerpykNTJM5e7pQURlpd15HgoV3iQzmr7y-q1oQ3KC44HcWB1ayRRL5XJ_4tf8Ur4nMUeMY7_kuXe79zxRn8rslnl95hWxALxaanF4eiDCtXn91_NYpyuO8Eheb)

La fille de 3 ans de Cardi B et Offset, Kulture, a montré sa nouvelle coiffure tressée sur Instagram.



americanexpress.com/fr/

American Express, c'est toujours des offres pour vous faire gagner

[More information >](#)



www.saveur-biere.com

Ensemble découvrons la Bière

[More information >](#)



[Volotea - Vols à partir de](#)

Volotea continue de relier les destinations françaises dès 9€.

[Réservez votre vol >](#)

Avez-vous déjà reçu une fessée à fond nu de la part de la mère ou du père de votre ami lors d'une soirée pyjama pour une punition? (https://iquestion.pro/fr/p/avez-vous-deja-recu-une-fessee-a-fond-nu-de-la-part-de-la-mere-ou-du-pere-de-votre/sJ9sD06H48gsCxrtONcWc7ISYYKDcbZHRMnLOf4Vyls2xicH7gZ1hhJf0V3Q6Cz4iUHJRTq2-wGEpPDDqgEsjzL-jNnzID_ru4L25_1ysniOY70EUFVyy6s1NijtKkSxZJ5kVgaxC3qRw2WDKRt8Bg)

Quelles photos prouvent que ce monde regorge de choses étranges? (https://iquestion.pro/fr/p/quelles-photos-prouvent-que-ce-monde-regorge-de-chosestranges/igwPFuQawl_xxFgVBAUNqpS-j0NyRPrqvfTJ2uENx_vVpu-CnwO4HF4kyn45S1q6wP5VkJayXPFPebtlslw)

Comment développez-vous des images de votre téléphone chez Walmart? (https://iquestion.pro/fr/p/comment-developpez-vous-des-images-de-votre-telephone-chez-walmart/ZMVYsUMOjie87mst0JKTJNla6YfKZY20AvIdSza_wAv838IkmeaHyGybpNVw4CRfXdcTl84TR1_p83NN6)

Combien de temps dure la caméra vidéo Walmart? (<https://iquestion.pro/fr/p/combien-de-temps-dure-la-camera-video-walmart/b3vVb2QameRfTdpb5qk45pZN3MBZJK7SRaC2gqNXMDgnPVbe8ibYV0BVrxwjZ8pp>)

Qu'est-ce que 1 Hour Photo Walmart? (https://iquestion.pro/fr/p/qu'est-ce-que-1-hour-photo-walmart/d0pixrooHKPunfC01XpN8tCqyW-i_3rwn6uEZJZ8rYs)

Quelles sont les photographies étonnantes et audacieuses de Vika Jigulina? (https://iquestion.pro/fr/p/quelles-sont-les-photographies-etonnantes-et-audacieuses-de-vika-jigulina/f5zWB9Rh3fLA7ed1cEuBmtLY8PM5k2i3sUJILgaSF6Vrpa8G7p9q98-86h_e-TL2fi0Jg70cujs3UgFZGh1S7Q)

Quoi de mieux, imprimer vos photos chez Walmart, CVS ou Costco? (https://iquestion.pro/fr/p/quoi-de-mieux-imprimer-vos-photos-chez-walmart-cvs-ou-costco/1ZxqZD5bOvUXZpuXuUR2xtgb7OXtSzYXoEzSILy_jTyqN-33H1BQ2i7Rziumw9lcgeMi9QUmJ37RgS1BMpfsvw)

Existe-t-il un moyen d'imprimer des photos chez Walmart à partir d'un iPhone? (<https://iquestion.pro/fr/p/existe-t-il-un-moyen-d-imprimer-des-photos-chez-walmart-a-partir-d-un-iphone/iYSMtJK-Kyd0t9ONJNmVAD28-6ncNUqlqgyRaSVr2TX8hjTPqgUjoD3Fcye44UXoyma12EfXZMxC7g3HILtE2w>)

Comment imprimer des photos de mon téléphone Android chez Walmart? (https://iquestion.pro/fr/p/comment-imprimer-des-photos-de-mon-telephone-android-chez-walmart/TATHzCz1w0gHNewi0XeG9zpnpatoSUOhM4peiEhz5yXALYy5svHg0sifl27OEMHEvf_WwlhzzHz432YAI2)

Pouvez-vous imprimer des photos de boudoir chez Walmart? (https://iquestion.pro/fr/p/pouvez-vous-imprimer-des-photos-de-boudoir chez-walmart/XLXyncUNfllmbjFZjKQUKrQiv5bZKoraJkz6LmB9aPUoVD64VP87VGFd5t8-_QDq)

- 1 Que sont les bombes Ellerman et comment les identifier ? (<https://isolution.pro/fr/q/as13042457/que-sont-les-bombes-ellerman-et-comment-les-identifier>)
- 1 Effet Wilson : Quelle est la « profondeur » des taches solaires ? (<https://isolution.pro/fr/q/as13041809/effet-wilson-quelle-est-la-profondeur-des-taches-solaires>)
- 6 Concernant un directeur de thèse refusant un étudiant en raison de problèmes de santé (<https://isolution.pro/fr/q/ac13164134/concernant-un-directeur-de-theze-refusant-un-etudiant-en-raison-de-problemes-de-sante>)
- 1 " Σ_1^1 -Peano arithmétique »- est-ce que ça cloue \mathbb{N} ? (<https://isolution.pro/fr/q/ma17033004/sigma-1-1-peano-arithmetique-est-ce-que-ca-cloue-mathbb-n>)
- 2 Quelle est la matrice du logarithme de l'opérateur dérivé ($\ln D$)? Quel est le rôle de cet opérateur dans différents domaines mathématiques? (<https://isolution.pro/fr/q/mf13380533/quelle-est-la-matrice-du-logarithme-de-l-operateur-derive-In-d-quel-est-le-role-de-cet-operateur-dans>)
- 3 Utilisation d'un mot hébreu inhabituel pour «brillé» dans Exodus (<https://isolution.pro/fr/q/he13052866/utilisation-d-un-mot-hebreu-inhabituel-pour-brille-dans-exodus>)
- 6 La lune a juste la bonne vitesse pour ne pas s'écraser sur la Terre ou s'échapper dans l'espace. Quelles sont les chances? (<https://isolution.pro/fr/q/as13038925/la-lune-a-juste-la-bonne-vitesse-pour-ne-pas-s-ecraser-sur-la-terre-ou-s-echapper-dans-l>)
- 5 L'histoire de la mode des loups-garous, partie 1: les années 2000 (<https://isolution.pro/fr/q/wb13193008/l-histoire-de-la-mode-des-loups-garous-partie-1-les-annees-2000>)
- 1 "Ils n'encourent pas de culpabilité et meurent" (<https://isolution.pro/fr/q/he13052839'ils-n-encourent-pas-de-culpabilite-et-meurent>)
- 2 Puzzle coulissant 3 x 2 (<https://isolution.pro/fr/q/pu13104777/puzzle-coulissant-3-x-2>)

Languages

Japanese (<https://ichi.pro/>)
 French (<https://ichi.pro/fr>)
 Russian (<https://ichi.pro/ru>)
 Korean (<https://ichi.pro/ko>)
 Polish (<https://ichi.pro/pl>)

Spanish (<https://ichi.pro/es>)
 Thai (<https://ichi.pro/th>)
 Vietnamese (<https://ichi.pro/vi>)
 Turkish (<https://ichi.pro/tr>)
 Hindi (<https://ichi.pro/hi>)

German (<https://ichi.pro/de>)
 Portuguese (<https://ichi.pro/pt>)
 Italian (<https://ichi.pro/it>)
 Indonesian (<https://ichi.pro/id>)

2020 - 2022 ICHI.PRO (<https://ichi.pro/>)

