



Séminaire professionnel

Economiste-data scientist

Master Monnaie, Banque, Finance, Assurance





Plan du cours

1. Introduction et concepts (cours 1)

- Présentation de TAC ECONOMICS
- Parcours universitaire et professionnel
- Définition(s) du risque pays

2. Focus sur le risque de change (cours 1)

- Crises de change et mesures
- Application: datation des crises de change et première mesure de la contagion

3. Conjoncture et perspectives (cours 2)

- Travaux quantitatifs en cours
- Vue globale et perspectives 2026
- Application: construction d'un polygone de risques



Introduction et concepts





Présentation de TAC Economics





Présentation de TAC Economics

1. Marché émergents

- Analyse du risque pays via RiskMonitor (outil interne, ratings, signaux de crise, plus de 100 pays à travers le monde)

2. Economies matures

- Conjoncture (croissance, inflation, change, soutenabilité fiscale...)

3. Matières premières

- Veille matières premières (pétrole, CRB, gaz, charbon)

4. Risque géopolitique

- Outils quantitatifs et analyse

5. Conseil stratégique aux entreprises

- Etudes stratégiques (potentiel, analyse sectorielle, top-down, long-terme)

6. Base de données

- Datalab TAC Economics

1. Données

- Identification des sources
- Récupération des données
- Constitution des bases de données
- Traitement des données (gestion des données manquantes, fréquence...)
- Vérification

Etape cruciale de toute analyse quantitative

2. Techniques quantitatives

- Econométrie: séries temporelles, panels, modèles de volatilité, logit/probit, modèles à correction d'erreur, modèles à changement de régime, global VAR, etc.
- Classification / Méthodes avancées / Data Mining
 - Analyse en composantes principales, analyse linéaire discriminante...
 - Support vector machines, recursive partitioning, random forest
 - Réseaux de neurones,
 - Text mining, BERT
- IA générative (collaboration avec Gwenlake)

3. Recherche

- Fondements théoriques
- Participation conférences (académiques et professionnelles)
- Publications

4. Informatique

- Gestion de base de données
- Construction de loaders
- Gestion d'interfaces WEB et API



Parcours scolaire et professionnel



Parcours scolaire et professionnel (1)

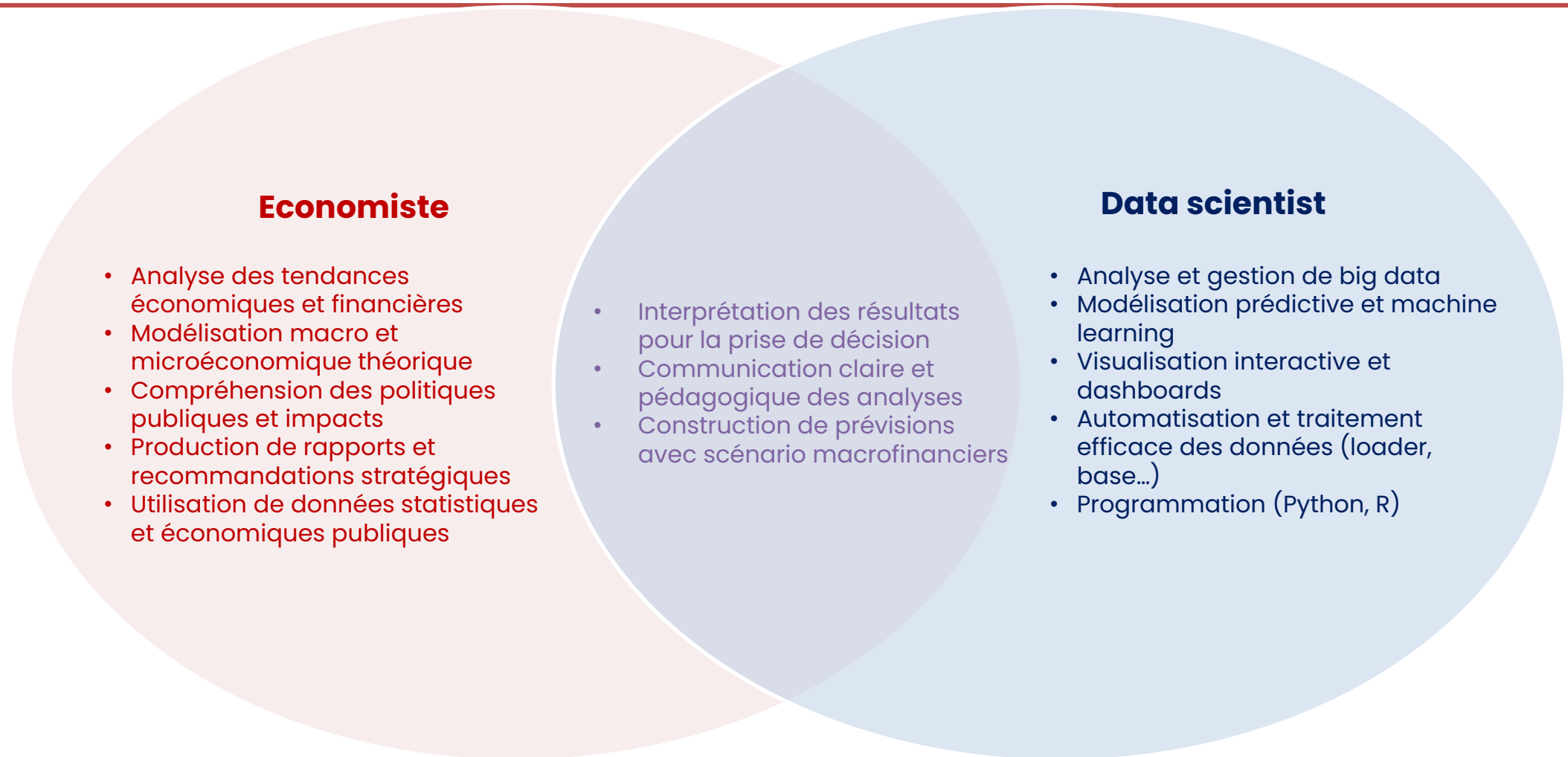
- Licence 1 Géographie-Aménagement-Environnement, Université Rennes 2 (2015-2016)
- Licence Economie-Gestion parcours Banque-Finance, Université Rennes 1 (2016-2019)
- Master Monnaie, Banque, Finance, Assurance parcours Ingénierie Economique et Financière (2019-2021)
 - Stage master 1: Analyste quantitatif chez **TAC Economics**
 - Mémoire de master 1: Politique monétaire non-conventionnelle et inégalités
 - Options master 2: Macroéconomie et data science
 - Alternance master 2: Chargée d'études au pôle conjoncture de la **Banque de France**, Rennes



Parcours scolaire et professionnel (2)

- Thèse CIFRE (2022-2025)
 - Sujet: Etude des fluctuations de taux de change et mise en place d'un système d'alerte des crises de change (EWS) à l'aide de modèles de deep learning
- Economiste-data scientist chez **TAC Economics** (depuis 2022)
 - Suivi quotidien de l'activité économique des US, Zone Euro, UK et Japon. Rédaction des notes hebdomadaires, mensuelles et trimestrielles sur les économies matures et trimestrielles sur les émergents.
 - Construction des projections de taux de change et rédaction des notes économiques associées.
 - Mise en place et mise à jour mensuelle et/ou trimestrielle des modèles de PIB, inflation, taux d'intérêt (directeur et 10 ans) et taux de change pour a minima les 4 matures et les 10 gros émergents.
 - Recherche quant
 - Demandes clients et études: Construction d'outil de stress-test climatique, score FX-ESG, outil d'analyse du ton des banques centrales...

Economiste/Data scientist: Deux métiers complémentaires au service de l'analyse et de la décision



- Prédiction des taux d'intérêt : L'économiste définit le modèle théorique, le data scientist implémente le modèle sur des datasets et optimise la prédiction.
- Conseil banque et fonds d'investissement : L'économiste définit les scénarios économiques (PIB, inflation, taux, change), le data scientist calcule les probabilités, simule les stress tests, et crée des dashboards pour suivre le risque en temps réel.



Définition du risque pays

- **Emergence, développement**, un concept à plusieurs étages
 - **Mécanismes économiques du développement** : investissement, épargne, démographie, formation et qualification, intégration internationale...
 - **Mécanismes sociaux et politiques du développement** : démocratie « encadrée », répartition des revenus, aspects culturels, gouvernance, corruption...
- **Crises et rupture** : symptômes du risque pays?
 - Ajustement, rupture, crise ? Une question d'intensité et d'ampleur
 - Risque et pays: éléments endogènes et chocs exogènes
 - Durée
 - Hommes, marchés, entreprises

- **Conséquences économiques et sociales** majeures et impact sur la trajectoire de développement
 - Niveau de vie, degré de pauvreté
 - Pression salariale et sociale, réaction de survie des agents économiques
 - Conséquences budgétaires très lourdes
 - Augmentation de la dette
 - Baisse des recettes fiscales due au ralentissement de l'activité
 - Chute des importations, baisse des recettes douanières

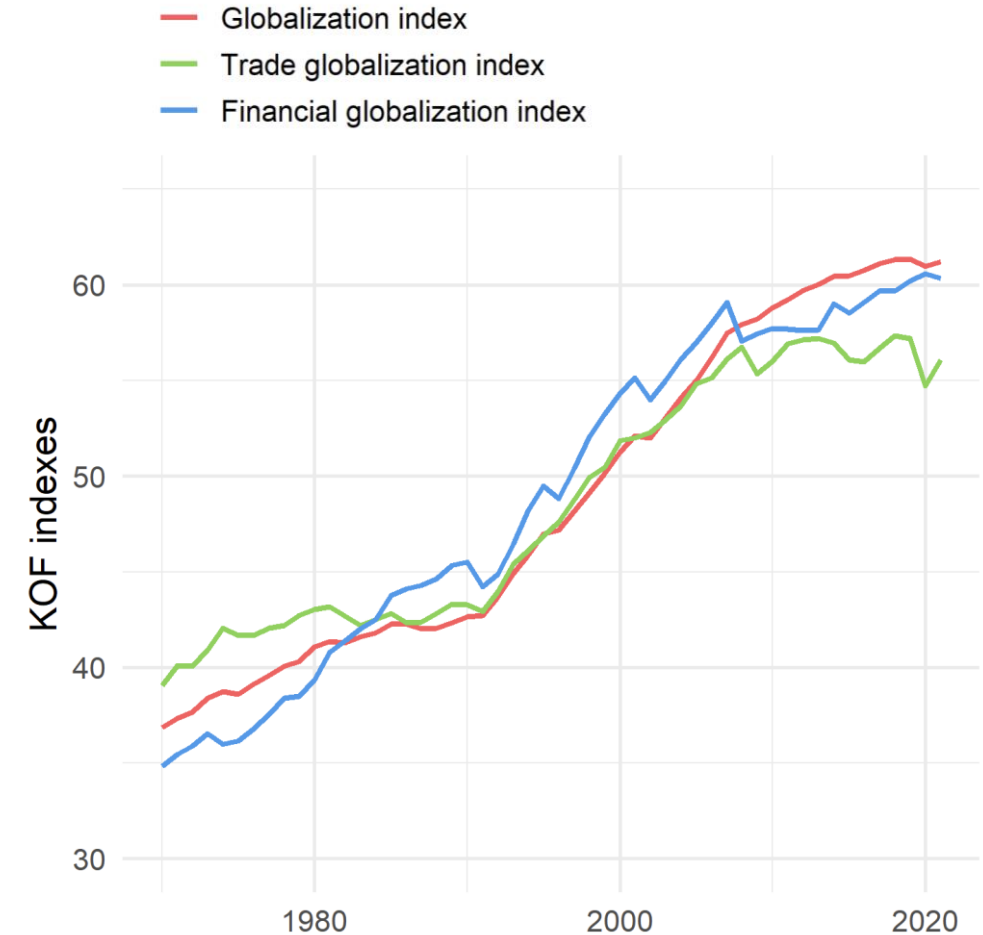
Risque pays: définition (3)

- Jusqu'à la fin des années 80, deux grands domaines du risque pays:
 - **Risque politique** (confiscation, nationalisation...)
 - **Risque de transfert** (décision souveraine)
- Depuis les années 90:
 - Risque politique et de transfert (« Décision du Prince »)
 - **Chocs macroéconomiques ou financiers** affectant le fonctionnement "normal" du pays:
 - Crise de change
 - Effondrement conjoncturel de l'activité
 - Crise bancaire systémique
 - Dégradation brutale des marchés financiers

Risque pays: définition (4)

- Aujourd'hui la notion de risque pays doit intégrer:
 - Des environnements économiques et financiers plus **instables** et heurtés (intégrations internationales, transformations géopolitiques, volatilité financière)
 - Une forte **imbrication** entre risque économique et risque politique (contenu économique des crises politiques, gouvernance, corruption...)
 - Une **complexification** des mécanismes (produits financiers complexes et opaques, contrepartie)

=> Le risque pays englobe donc **l'ensemble des éléments « macro »** (économiques et politiques) qui sont de nature à **perturber / affecter** le déroulement normal d'un projet: contexte, horizon et nature.



Source: Institut KOF.

- Quel que soit l'outil méthodologique, l'analyse économique indique des facteurs incontournables...
 - Croissance, équilibres extérieurs, endettement
 - Politique économique, politique monétaire, taux de change
 - Système bancaire, marchés financiers
- ... et des facteurs plus difficiles à mesurer
 - Gouvernance
 - Régime politique, situation sociale, tensions
 - Géostratégie, soutien international
 - Contagion, mécanismes auto-renforçants



Focus sur le risque de change





Taux de change: définition



Taux de change: définitions (1)

- Taux de change = prix d'une monnaie exprimé en termes d'une autre.
- Taux de change bilatéral entre deux monnaies A et B:

$$1\text{A} = s\text{B} \quad \text{Cotation au certain}$$

Monnaie de base

Monnaie de cotation

→ Il faut « s » unités de monnaie B pour acquérir une unité de monnaie A.

$$1\text{B} = e\text{A} \quad \text{Cotation à l'incertain}$$

→ Il faut « e » unités de monnaie A pour acquérir une unité de monnaie B.

$$e = 1/s$$

En règle générale, la devise du pays le plus fort économiquement sert de monnaie de base.

Taux de change: définitions (2)

- **Taux de change réel:** taux de change une fois l'impact des prix effacé. Il mesure le pouvoir d'achat relatif de deux monnaies et est un meilleur indicateur de compétitivité des économies que le taux de change nominal.

$$Q_t = (e_t \times P_t^*) / P_t \quad \text{ou} \quad G_t = (s_t \times P_t) / P_t^* \quad \text{avec } Q_t = 1 / G_t$$

Indice des prix de l'économie domestique en t (devise de base)

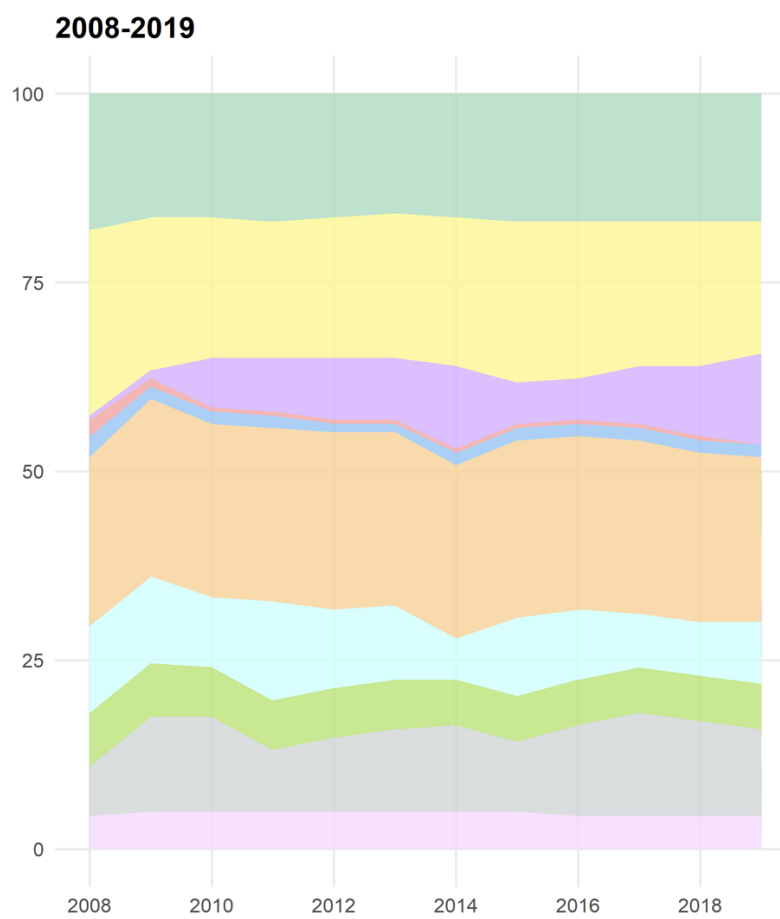
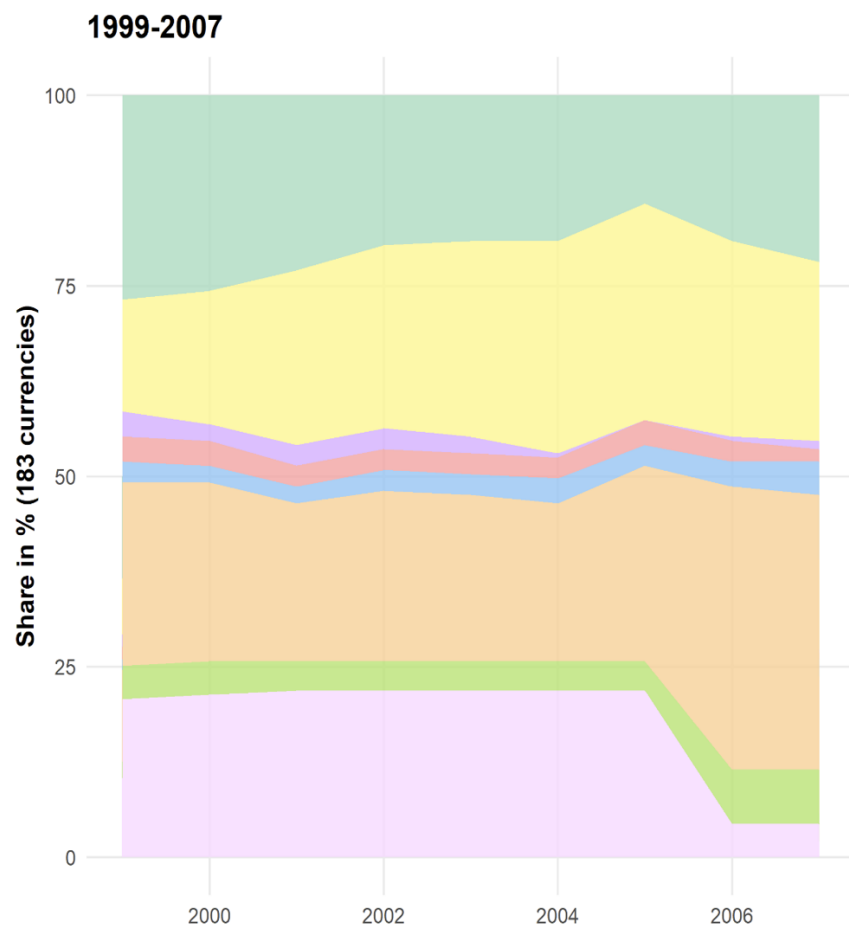
Indice des prix de l'économie étrangère en t (devise de cotation)

- Q_t augmente soit par:
 - Une dépréciation du taux de change nominal ($\nearrow e_t$, cotation à l'incertain)
 - Une augmentation des prix étrangers ($\nearrow P_t^*$)
 - Une baisse des prix domestiques ($\searrow P_t$)

=> Augmentation de la compétitivité de l'économie domestique

Taux de change: définitions (3)

- **Taux de change fixe:** la valeur d'une monnaie nationale est fixée par rapport à une autre monnaie ou à un panier de monnaies par le gouvernement ou les autorités monétaires.
 - On parle de **dévaluation** quand une monnaie perd de la valeur par rapport à une autre.
 - On parle de **réévaluation** quand une monnaie gagne de la valeur par rapport à une autre.
- **Taux de change flottant/flexible:** le taux de change est déterminé entièrement par les marchés (offre/demande) sans aucune intervention gouvernementale.
 - On parle de **dépréciation** quand une monnaie perd de la valeur par rapport à une autre.
 - On parle **d'appréciation** quand une monnaie gagne de la valeur par rapport à une autre.
- **Régimes intermédiaires:** les autorités monétaires interviennent périodiquement sur le marché des changes pour influencer la valeur de la monnaie sans laisser un flot totalement libre (bandes de fluctuations, flottement dirigé, panier de devises...)



1999-2007

IMF EXR arrangement categories

- Independently floating
- Managed floating with no pre-determined path for the exchange rate
- Crawling band
- Pegged exchange rate within horizontal bands
- Crawling peg
- Conventional pegged arrangement
- Currency board arrangement
- Exchange arrangement with no separate legal tender

2008-2019

IMF EXR arrangement categories

- Free floating
- Floating
- Crawl like arrangement
- Pegged exchange rate within horizontal bands
- Crawling peg
- Conventional peg
- Other managed arrangement
- Currency board
- Stabilized arrangement
- No separate legal tender



Détermination des taux de change

Taux de change: détermination (1)

- **Parité des pouvoirs d'achat (PPA absolue)**: exprimés dans une même monnaie, les niveaux de prix sont identiques dans les deux pays.

$$G_t = (S_t \times P_t) / P_t^* = 1 \Rightarrow S_t^{PPA} = P_t^* / P_t$$

Taux de change nominal au certain qui assure la PPA

- La PPA guide l'évolution tendancielle des parités. Toutefois en pratique, les niveaux de prix dans 2 économies, même exprimés dans la même monnaie, peuvent être considérablement différents:
 - Existence d'entraves à la libre circulation des biens (quotas, taxes...)
 - Existence de bien non-échangeables (ex: la main d'œuvre est incluse dans le calcul de l'indice des prix alors qu'elle est non échangeable)
 - Les biens ne sont pas homogènes d'une économie à une autre
- La PPA joue un rôle de rappel à long terme:
 - Si $S_t > S_t^{PPA} \Rightarrow$ sur-évaluation de la monnaie domestique
 - Si $S_t < S_t^{PPA} \Rightarrow$ sous-évaluation de la monnaie domestique

Taux de change: détermination (2)

- **Parité des taux d'intérêt (PTI non couverte)**: sous l'effet d'intégration des marchés internationaux, les rendements anticipés sur les placements libellés dans des monnaies différentes doivent s'égaliser. La PTI NC est une condition d'absence d'arbitrage sur les marchés financiers. Elle repose sur les hypothèses de parfaite mobilité des capitaux et de parfaite substituabilité des actifs (absence de prime de risque).

$$(1 + \text{it}) = (1 + \text{it}^*) \times (s_t / s_{t+h^a})$$

Taux d'intérêt domestique

Taux d'intérêt étranger

Taux de change nominal au certain, anticipé en $t+h$ (source d'incertitude)

- En pratique il est difficile de prévoir le taux de change s_{t+h^a}
- Dans le futur, le taux de change s_t supposé correspondre à un équilibre macro (ex: PPA) donc:
 - Si $it > it^* \Rightarrow$ entrée de capitaux $\Rightarrow \nearrow$ demande de monnaie nationale \Rightarrow appréciation ($\nearrow s_t$)
 - Si $it < it^* \Rightarrow$ sortie de capitaux $\Rightarrow \nearrow$ demande de monnaie étrangère \Rightarrow dépréciation ($\searrow s_t$)

St s'ajuste en fonction des nouvelles qui modifient $st+1^a$

- **A court terme:**

$$S_t = S_{t+1}^a + i_t - i_t^* \text{ (PTI)}$$

- **A moyen long-terme:**

$$S_{t+1} - S_t = \pi_t^* - \pi_t \text{ (PPA relative)}$$

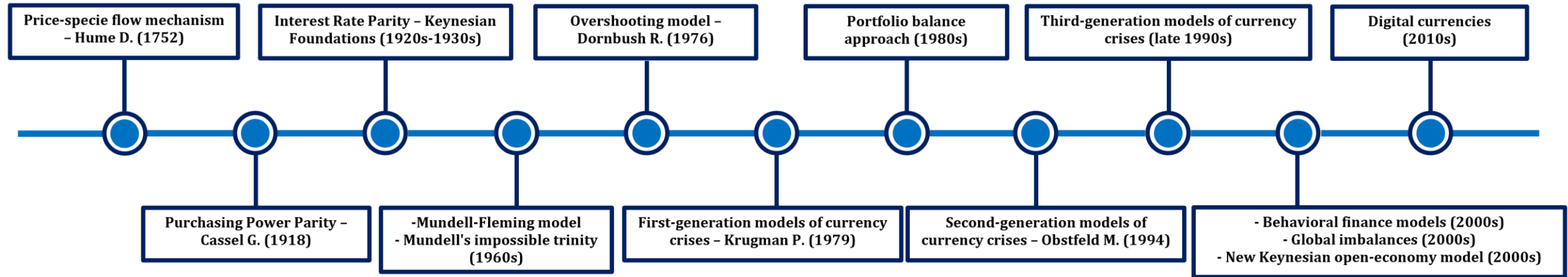
Taux d'inflation domestique

Taux d'inflation étranger

- **Le taux de change courant est influencé par le taux d'intérêt domestique, le taux d'intérêt étranger, le taux de change futur anticipé, le niveau de prix relatifs, les barrières tarifaires, la demande de biens et services, la productivité, les news, le sentiment global (perception du risque), le prix des commodités...**

Taux de change: détermination (4)

- Au-delà de la PPA et la PTI, la littérature sur les taux de change permet de dresser une liste plus fine de déterminants des fluctuations de taux de change et des modèles théoriques associés:



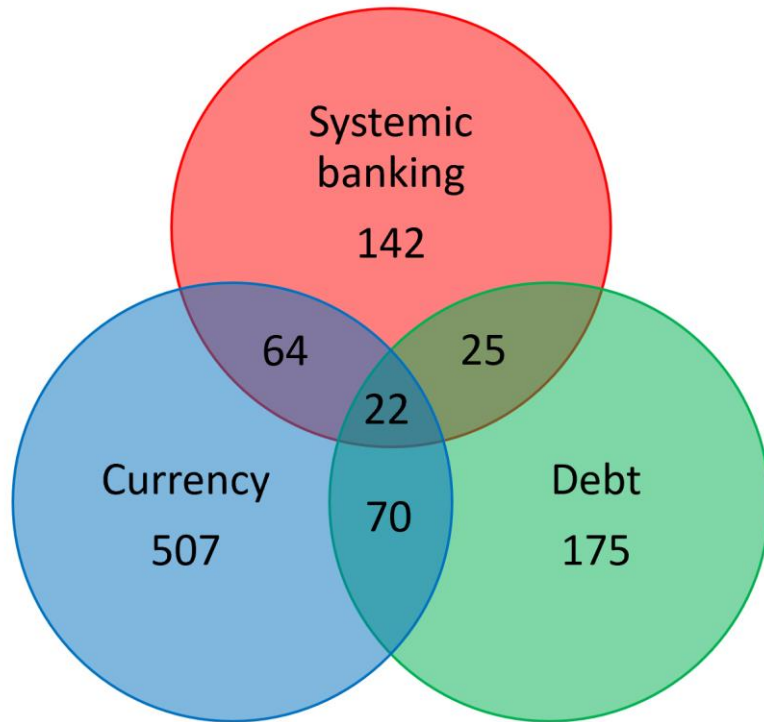
Source: Gautier V. (2025).



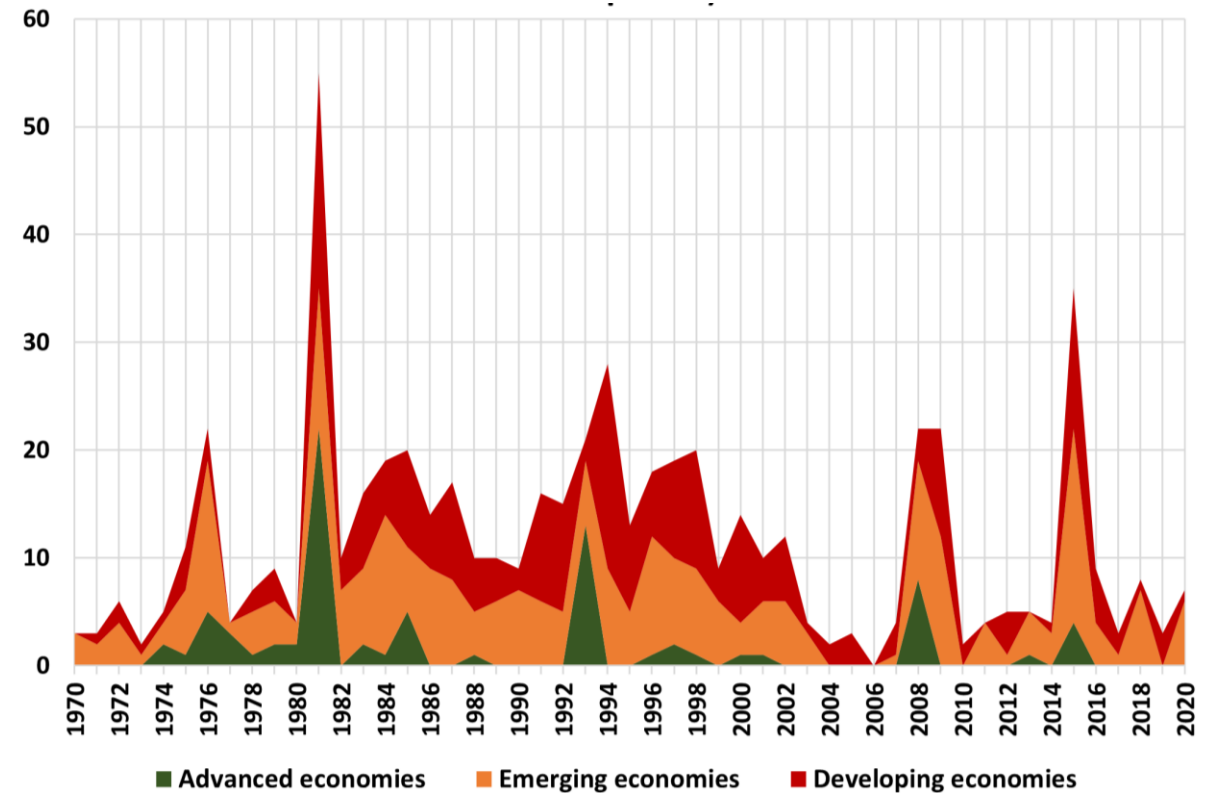
Crises de change et EWS

- **Crise de change**: Perte subite et massive de la valeur d'une monnaie par rapport à une autre. Les conséquences sont nombreuses et peuvent affecter à la fois la sphère financière et la sphère réelle (perte de crédibilité de la banque centrale, insoutenabilité de la dette, manque de capitaux, inflation importée, faillites et pertes de PIB). **Un des piliers du risque pays.**
- **Early Warning Sytem (EWS ou système d'alerte précoce)**: mécanisme mis en place pour détecter et signaler les signes avant-coureurs de situations critiques, de risques ou de menaces potentielles avant qu'elles ne se développent pleinement. Ces systèmes sont conçus pour fournir des avertissements suffisamment avancés pour permettre aux décideurs, aux responsables de la gestion des risques ou à d'autres parties prenantes d'adopter des mesures préventives et atténuer les impacts négatifs associés.
- Dans le cas des crises de change, il peut s'agir d'un modèle (régression, machine ou deep learning) chargé d'envoyer un signal d'alerte h périodes avant le début de la crise.
- Une fenêtre d'alerte de 2 ans avant la crise est généralement retenue dans la littérature associée.

Twin and triple crises (in the same year or one year apart)



Cumulative currency crises per year (by level of development)



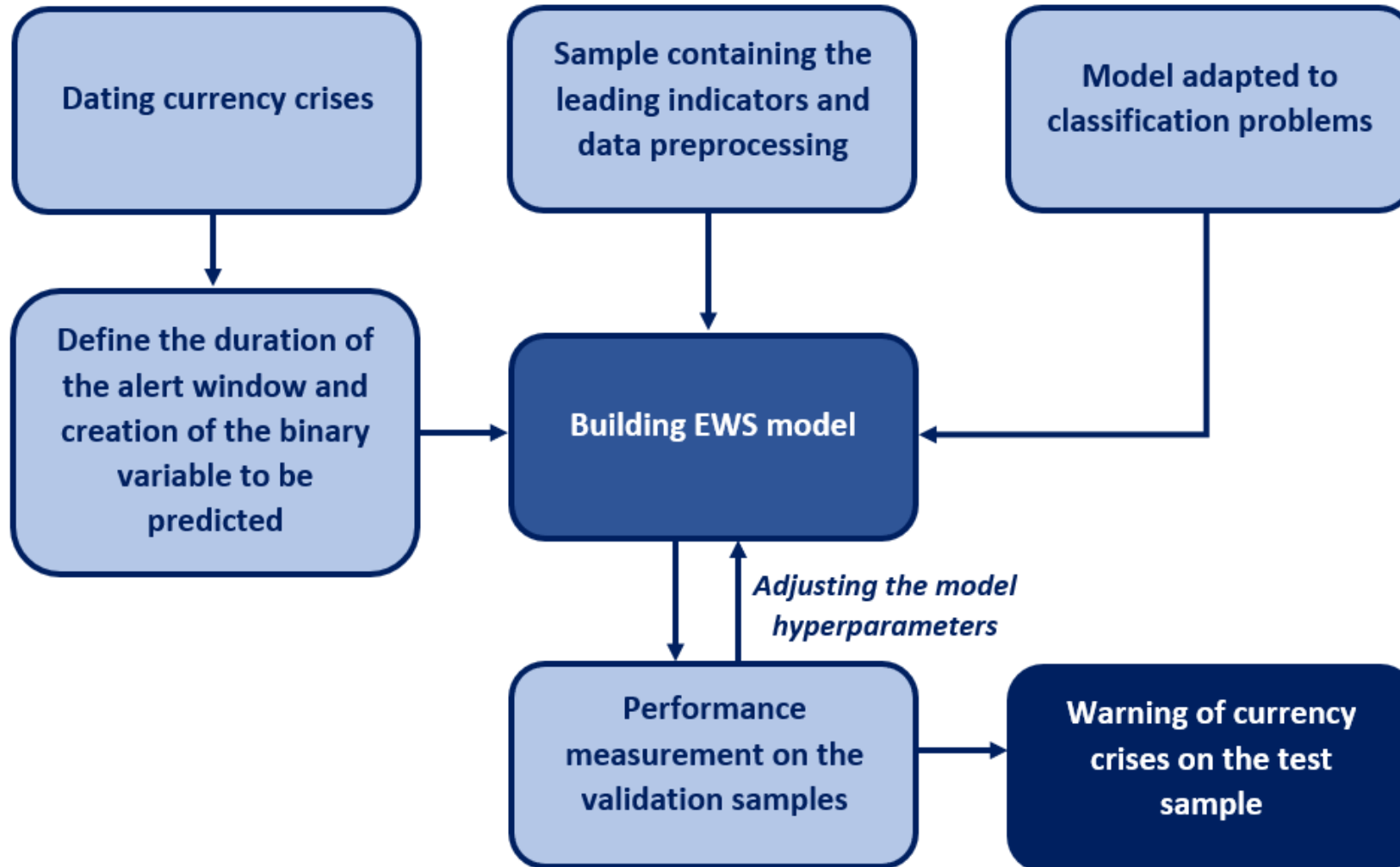
- Source: https://github.com/vgautier1/financial_crises

Source: Gautier V. (2022).

- Les crises de change sont les crises financières les plus récurrentes et touchent en majeure partie les économies émergentes et en développement.

**Les échantillons peuvent varier entre les 2 graphs.*

Crises de change: Early Warning System



Crises de change: critères d'identification (1)

- Différents critères ont été proposés dans la littérature pour définir et identifier les périodes de crises. Il existe deux types de critères pour dater rétrospectivement les crises de change:
 - ceux basés uniquement sur la perte de valeur de la monnaie
 - ceux qui intègrent des mécanismes de défense contre les pressions à la dépréciation (taux d'intérêt et réserves de change).
- **Critère de Frankel et Rose (1996)**: Une crise de change est avérée lorsque la dépréciation nominale atteint 25 % ou plus, et que ce taux de dépréciation est supérieur de 10 points de pourcentage au taux de dépréciation observé l'année précédente. Sur taux de change mensuel:

$$\gamma_t = (e_t / e_{t-12}) - 1$$

$$\eta_t = \gamma_{t-12} - \gamma_t$$

Crise de change si $\gamma_t \geq 25\%$ et $\eta_t \geq 10\%$

Crises de change: critères d'identification (2)

- **Exchange Market Pressure Index (Sachs, Tornell et Velasco, 1996)**: une crise de change est toujours identifiée par une perte massive et subite de la valeur d'une monnaie mais également par la mise en place de mécanisme défense contre la dépréciation, afin d'intégrer les attaques spéculatives qui ont échoué.

$$EMP_t = w1 \times \Delta e_t / e_{t-1} - w2 \times \Delta R_t / R_{t-1} + w3 \times \Delta i_t$$

Poids associés aux 3 composantes, généralement tels que les variances conditionnelles de chaque composante sont égales

Réserves de changes

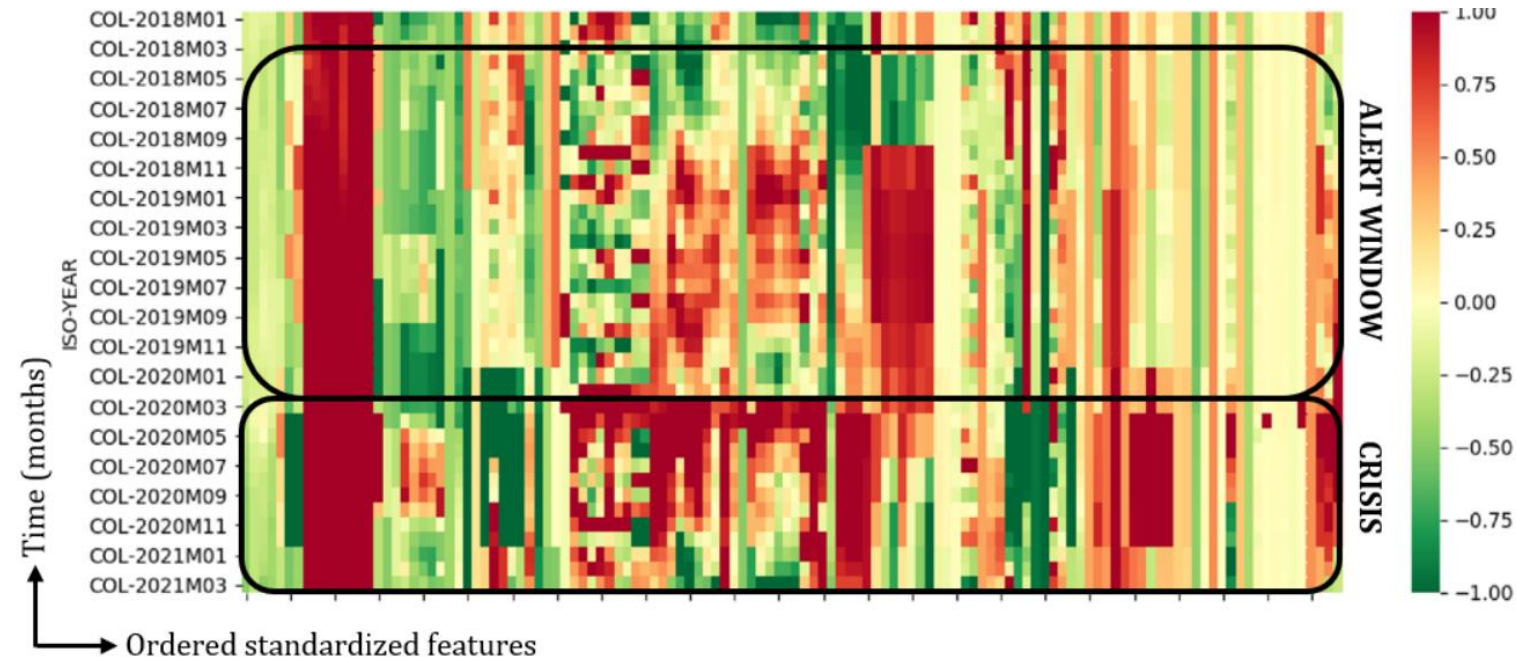
- Une crise de change survient lorsque l'EMP est supérieur de 1 à 3 écarts-type au-dessus de sa moyenne selon les auteurs. Le seuil de 3 écarts-type permet de n'intégrer que les crises les plus sévères.
- Critère très utilisé dans la littérature mais plus subjectif que celui de Frankel et Rose car nécessite de définir des poids pour les composantes et un seuil critique.

Différents courants ou générations de modèles pour expliquer et prévoir les crises de change:

- **1^{ère} génération:** des régularités empiriques précèdent les crises. D'abord observé par Krugman (épuisement des réserves internationales, hausse de l'inflation attendue, offre excédentaire de crédit intérieur et creusement du déficit budgétaire).
=> abandon des parités fixes expliqués par des fondamentaux/politiques macroéconomiques insoutenables
- **2^{ème} génération:** Flood et Garber (1984) introduisent le mécanisme de comportements spéculatifs arbitraires par la suite utilisé pour expliquer les crises de change des années 90s (crise du SME): les fondamentaux macroéconomiques ne peuvent à eux-seuls expliquer ces crises. Ces modèles intègrent la notion d'équilibres multiples, le coût associé au maintien d'une parité fixe par les autorités et la façon dont les marchés financiers perçoivent l'engagement des autorités. un taux d'intérêt élevé, une hausse du chômage, une faible croissance du PIB, un système bancaire vulnérable ou une détérioration de la situation budgétaire pourraient conduire le gouvernement à abandonner la parité.
- **=> Equilibres multiples car dépend de la perception du marché de la fermeté de l'engagement des autorités**
- **3^{ème} génération:** La crise asiatique de 1997 a attiré l'attention sur la question de l'endettement excessif en devises étrangères (« pêché originel »). L'accent est mis sur l'influence des cycles de flux de capitaux et de la vulnérabilité des systèmes bancaires à la dynamique des taux de change. Ces modèles intègrent une série d'indicateurs tels que les exportations, les excédents de la balance courante, les flux de capitaux à court terme libellés en devises étrangères, la volatilité des taux de change, les fluctuations de la valeur des actifs utilisés en garantie et les prêts non performants (NPL).

- **Chapitre 1:** EWS des crises de change (fenêtre d'alerte de 2 ans) à l'aide de réseaux de neurones.
 - Déterminants des trois générations de crise de change + contagion et aversion au risque.
 - Modèles: LSTM, GRU, CNN et CNN-LSTM (benchmark: régression logistique, CART, RF et SVM).
 - Narratif des crises de change 1995 à 2022.
- **Chapitre 2:** Analyse du lien entre fluctuations de taux de change et performance ESG.
 - Identification d'un lien structurel et conjoncturel entre FX et ESG
 - Construction d'un score ESG-FX
 - Analyse des contributions E, S et G par type d'économie (géographie et niveau de développement)
- **Chapitre 3:** Identification et quantification de la contagion sur le marché des changes.
 - Identification des liens de transmission entre taux de change : indicateur d'intégration commerciale et financière VS approche data drivée reposant sur la théorie des graphs.
 - Construction d'un indicateur de contagion à l'échelle du Forex utilisable comme indicateur avancé des tensions financières et de leur sévérité.
 - Evolution des contributions des grandes catégories de déterminants aux fluctuations de taux de change (2000-2023).

Crises de change: Chapitre 1 – Convolution



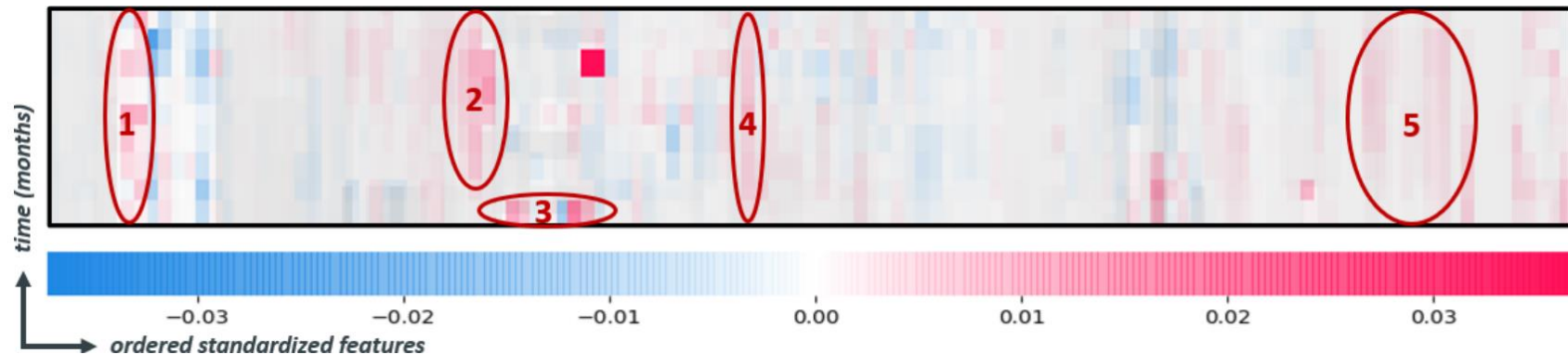
Exemple du peso colombien (USD/COP) pendant la crise covid:

- Représentation des données d'entrée du modèle à convolution.
- Dégradation des indicateurs macro-financiers en rouge.

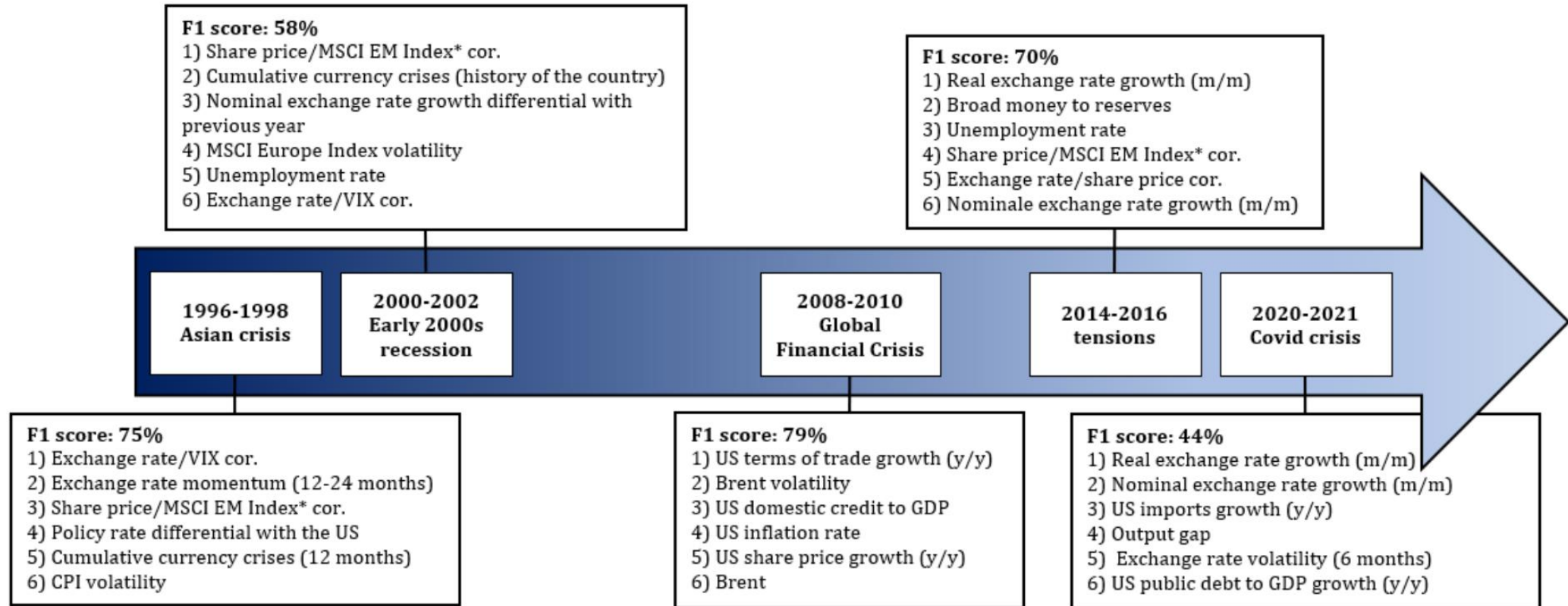
Zones de l'images jugées pertinentes par le CNN pour envoyer un signal d'alerte:

- Les zones roses augmentent la probabilité de signal.

- (1) Recent evolution of the EXR
- (2) US foreign trade variables
- (3 and 4) global indicators related to MSCI indexes and the VIX
- (5) domestic indicators related to public debt and credit



Crises de change: Chapitre 1 – Narratif des crises



*MSCI Emerging Markets Index

- Identifier à l'aide d'un modèle unique des facteurs déterminants différents selon les périodes de crises majeures, pour 60 pays simultanément.
- Rôle des fondamentaux (endettement élevé, offre excessive de crédit, taux de chômage élevé) et du contexte global (fondamentaux US, perception du risque et **contagion**)

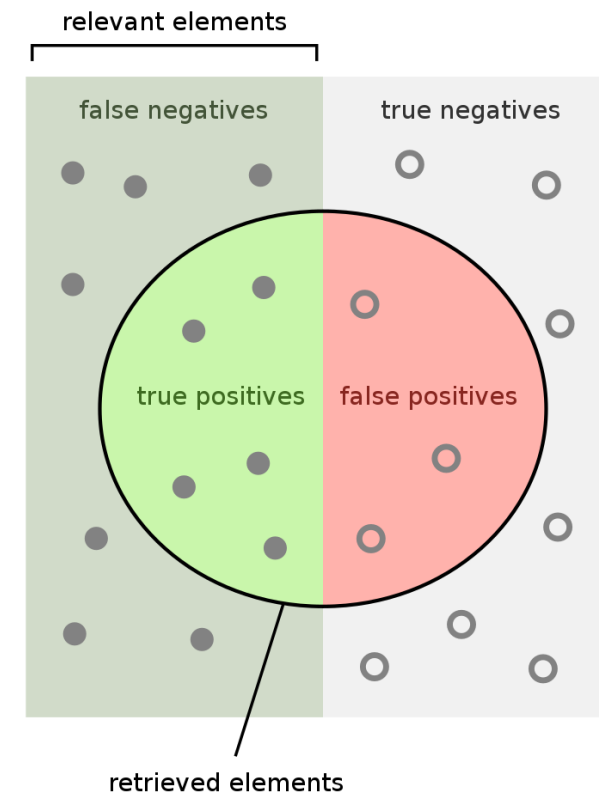
	F1	Precision	Recall	AUC	Crises detected ¹	False signals ²	Post-crisis bias ³
All variables							
Logistic regression	0.42	0.35	0.53	0.66	18	65%	1%
Decision tree	0.42	0.27	0.98	0.71	27	73%	9%
Random forest	0.52	0.43	0.68	0.74	20	57%	5%
SVM	0.45	0.45	0.45	0.67	19	55%	0%
LSTM	0.52	0.44	0.63	0.73	22	56%	6%
CNN	0.44	0.41	0.48	0.67	20	59%	1%
CNN-LSTM	0.50	0.42	0.62	0.72	20	58%	8%
Subset of variables							
Logistic regression	0.58	0.59	0.57	0.74	23	41%	17%
Decision tree	0.67	0.60	0.75	0.82	21	40%	37%
Random forest	0.68	0.69	0.67	0.80	24	31%	30%
SVM	0.60	0.47	0.85	0.82	26	53%	11%
LSTM	0.66	0.60	0.74	0.82	23	40%	23%
CNN	0.74	0.72	0.76	0.85	24	28%	48%
CNN-LSTM	0.70	0.66	0.74	0.83	24	34%	40%

¹ The test samples includes 28 currency crises to be detected. This column shows the number of crises detected by each model, that is, for which at least one alert signal was sent during the alert window.

² Percentage of emitted signals identified as false signals.

³ Percentage of false signals issued during the post-crisis period (12 months).

Source: Gautier V. (2022).



How many retrieved items are relevant?

$$\text{Precision} = \frac{\text{true positives}}{\text{true positives} + \text{false positives}}$$

How many relevant items are retrieved?

$$\text{Recall} = \frac{\text{true positives}}{\text{true positives} + \text{false negatives}}$$

1) Est-ce que je connais la cible à prévoir/analyser?

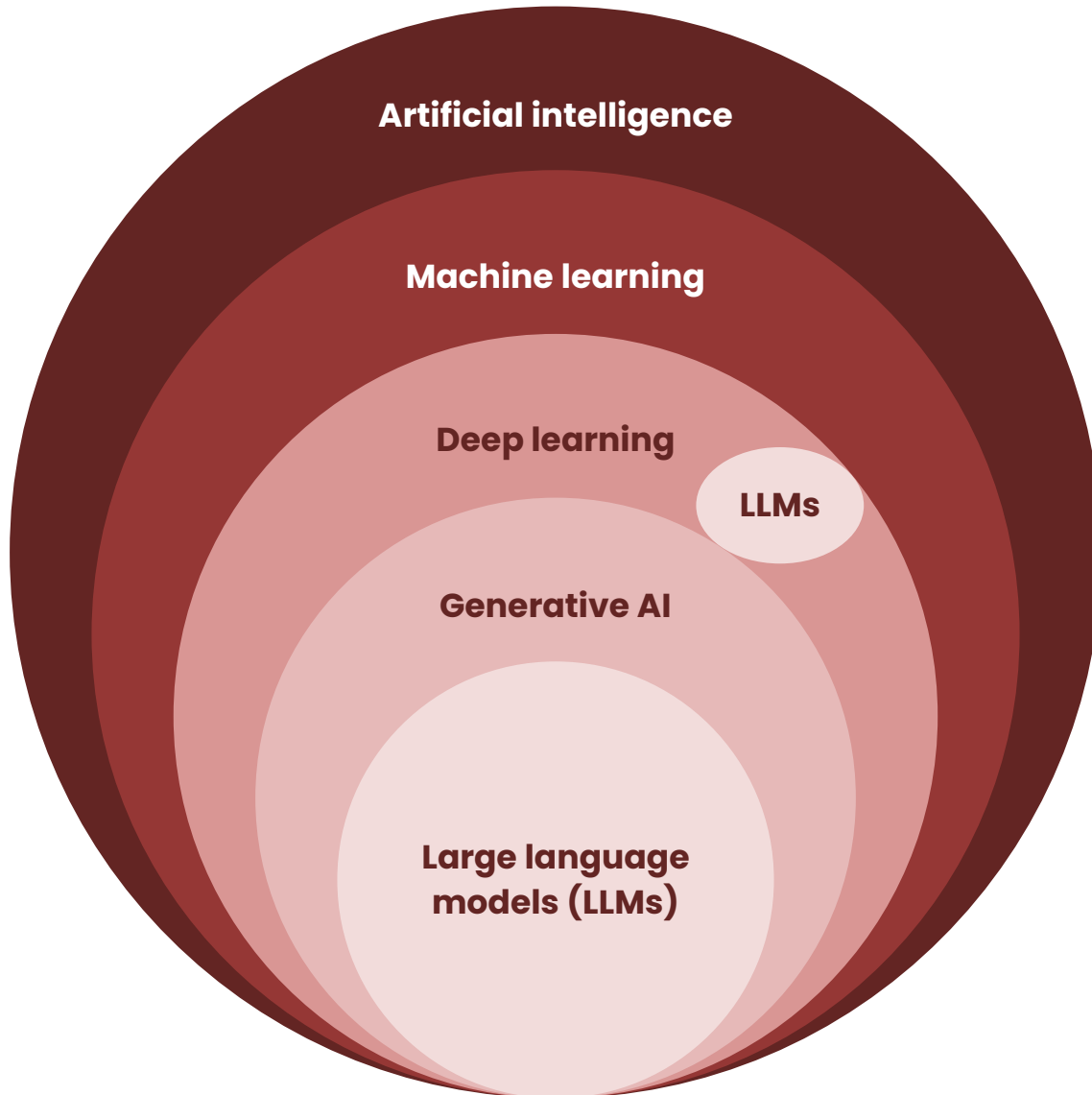
- Non -> analyse non supervisée. On cherche à découvrir des structures cachées dans les données, réduire les dimensions (ex: identification de groupes caractéristiques dans une population, créer des indicateurs homogènes réduits à partir d'un grand nombre...).
- Oui -> analyse supervisée (ex: prévision de l'inflation, taux de change, probabilité de crise...).

2) Si je connais la cible, est-elle?

- Continue (numérique). L'objectif est de prédire une valeur.
- Catégorielle (classe). L'objectif est d'attribuer une étiquette.

Supervisé vs. non supervisé	Nature de la cible	Modèle(s)
Non supervisé		ACP, K-means, graphe acyclique dirigé..
Supervisé	Continue	Régression linéaire, KNN, forêt aléatoire en quantiles, réseaux de neurones...
Supervisé	Catégorielle	Régression logistique, KNN, arbre de décision, forêt aléatoire, SVM, réseaux de neurones...

Rappels sur la modélisation – Familles de modèles



Artificial Intelligence (AI): AI involves techniques that enable computers to emulate human behavior, allowing them to learn, make decisions, and recognize patterns.

Machine Learning (ML): ML is a subset of AI that uses advanced algorithms to detect patterns in large datasets, enabling machines to learn and adapt. ML algorithms can operate under supervised or unsupervised learning paradigms.

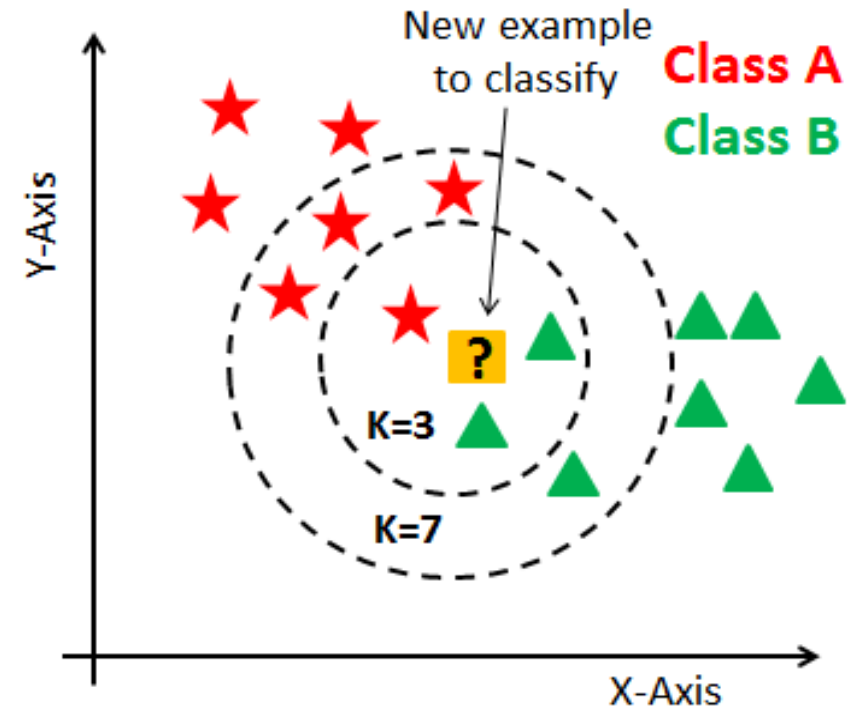
Deep Learning (DL): DL is a subset of ML that employs neural networks for advanced data processing and analytical tasks. It leverages multiple layers of artificial neurons to extract high-level features from raw input data, simulating the way the human brain perceives and understands the world.

Generative AI: Generative AI is a subset of DL models designed to generate new content such as text, images, or code based on given input. Trained on vast datasets, these models detect patterns and create outputs without explicit instructions, using a combination of supervised and unsupervised learning approaches.

Large language models (LLMs): LLMs are a class of deep learning models designed to understand and generate human language. Built primarily on the Transformer architecture, they are trained on vast text corpora to learn grammar, context, and semantics. LLMs can be decoder (GPT) or encode-decoder models (Seq2Seq / T5-style). BERT is a specific type of LLM because it is not a generative model like GPT. It is an encoder-only Transformer focused on understanding text, not producing long responses.

K plus proches voisins (KNN)

- Principe: « Dis-moi à qui tu ressembles, et je dirai qui tu es. »
- **Fonctionnement:**
 1. Toutes les observations de la phase d'entraînement sont stockées dans la mémoire.
 2. Calcul de la distance entre le nouveau point et toutes les observations passées.
 3. Identification des K plus proches voisins (distance les plus courtes)
 4. Vote (classification) ou moyenne (régression)
- **Distances courantes:**
 - Euclidienne
 - Manhattan

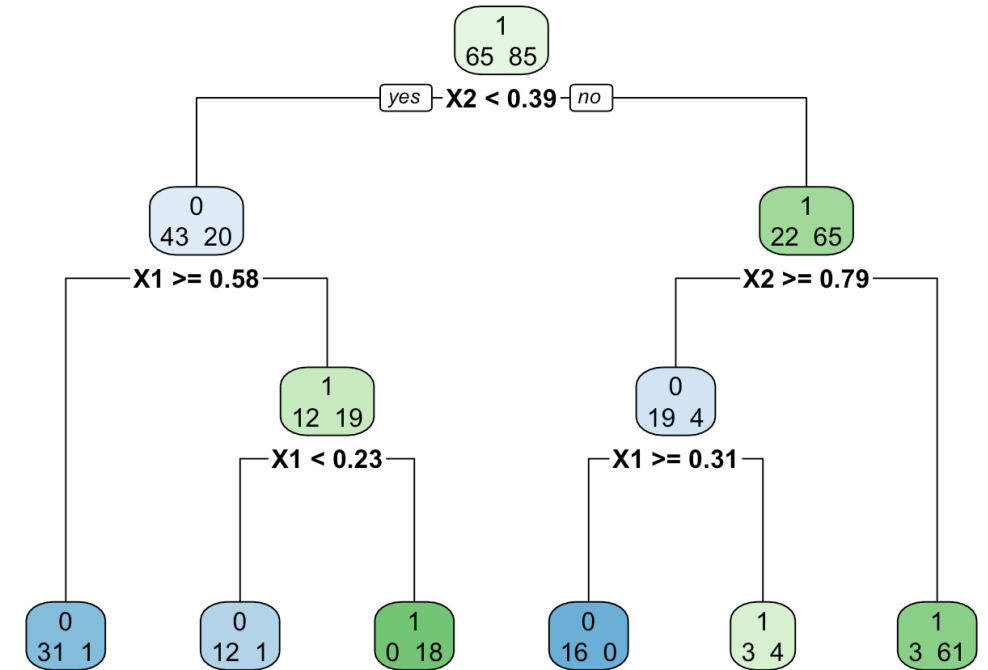


(+) Simple et rapide, fonctionne bien sur les grandes bases

(-) Nécessite de choisir k à l'avance, sensible aux valeurs extrêmes, ne fonctionne que sur les clusters sphériques, pas de dépendances temporelles

Arbre de décision

- **Objectif:** Diviser l'espace des données en zones homogènes en prenant des décisions successives.
- **Fonctionnement:**
 1. Choisir la variable explicative la plus discriminante
 2. Diviser les données (ex : revenu > 45 000 €)
 3. Répéter sur chaque nœud
 4. Jusqu'à une feuille (classe ou valeur prédite)
- **Critère pour diviser un nœud:**
 - Gini
 - Entropie
 - MSE (si cible continue)



(+) Facile à interpréter, relations non-linéaires, normalisation non nécessaire

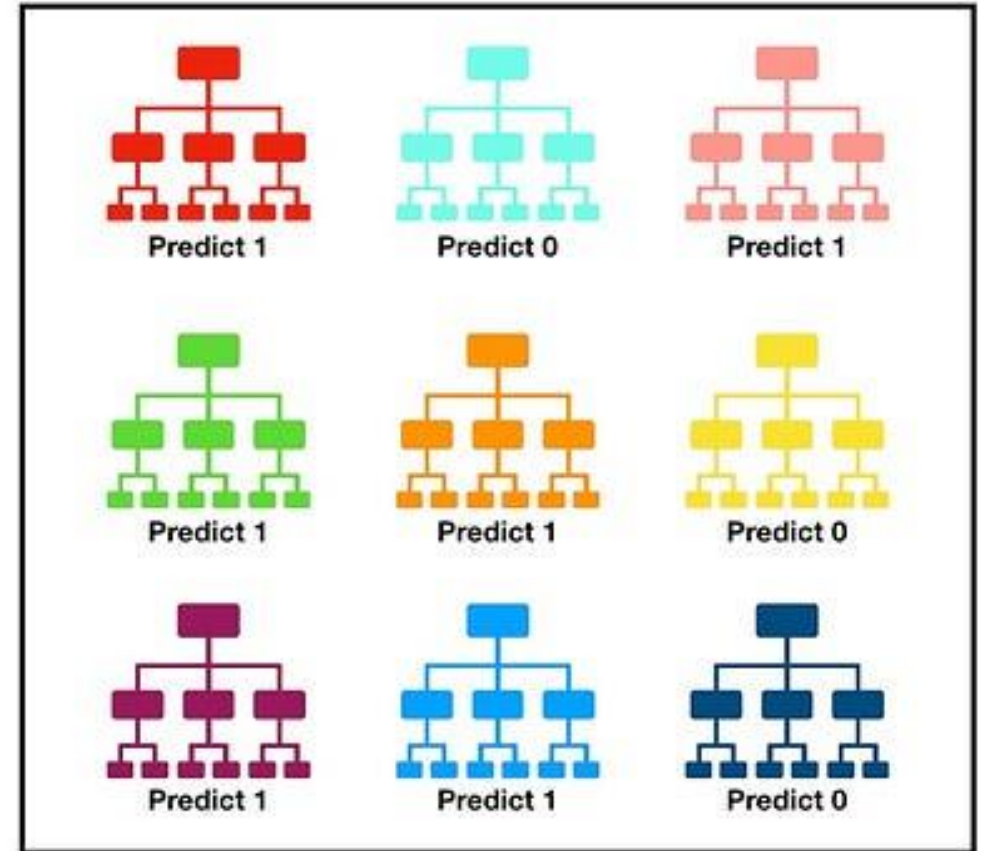
(-) Très sensible aux données, pas de dépendances temporelles

Forêt aléatoire (*random forest*)

- Au lieu d'entraîner un seul arbre, on en entraîne des centaines, chacun sur un sous-échantillon différent (d'observations et de variables)
- **Fonctionnement:**
 1. Tirage aléatoire de données (bootstrap)
 2. Tirage aléatoire de variables à chaque split
 3. Entraînement d'un arbre complet
 4. Vote ou moyenne des résultats (des arbres)

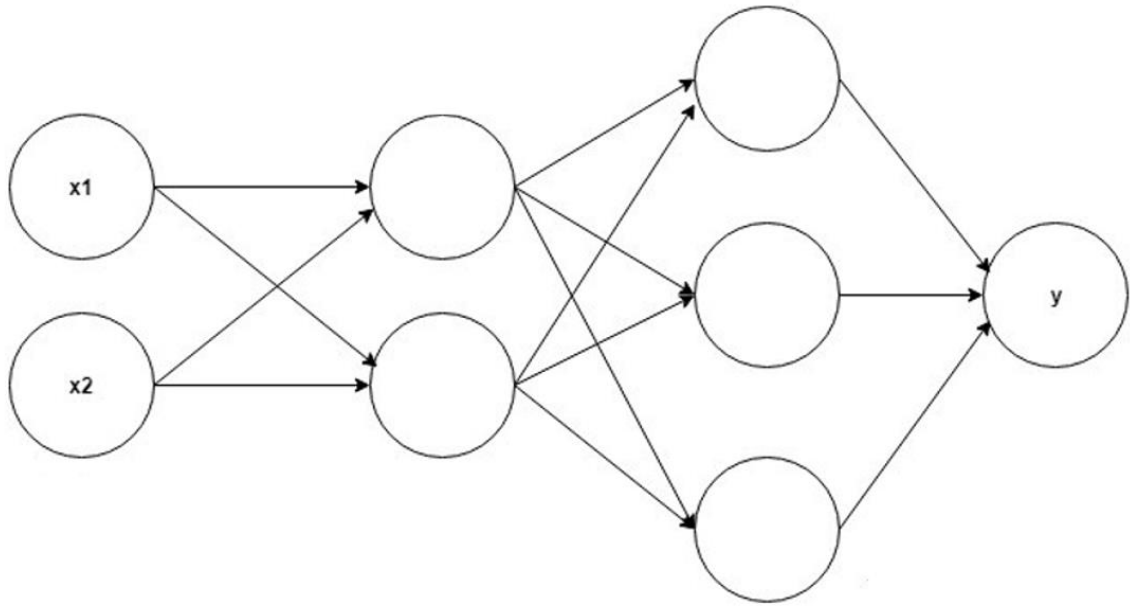
(+) Non-linéarité, meilleure performance qu'un arbre seul, moins sensible au bruit, gère les grandes dimensions

(-) Perte d'interprétabilité, plus lourd en calcul, pas de dépendances temporelles



Rappels sur la modélisation – Deep learning, réseaux feedforward vs. récurrent

Réseau à propagation en avant (feedforward)

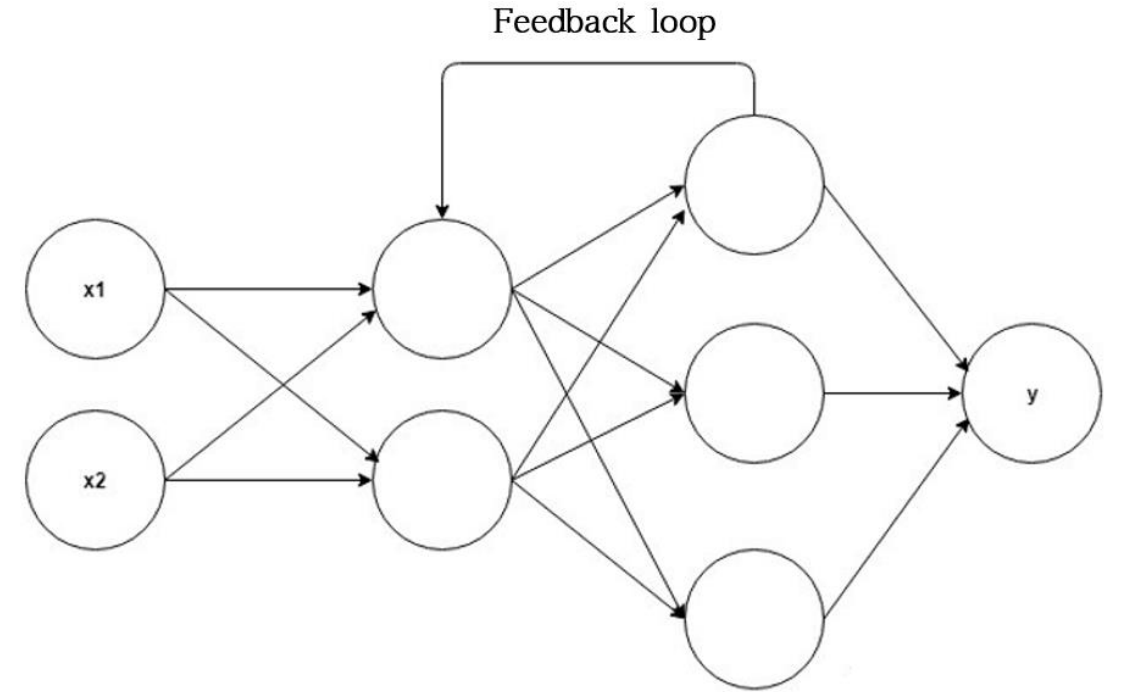


Input layer Hidden layer 1 Hidden layer 2 Output layer

(+) Simple à comprendre et à implémenter, non-linéarité, peut approximer toute fonction continue

(-) Pas efficace pour des données structurées (images et séquences), sensible au sur-apprentissage, interprétabilité, pas de dépendances temporelles

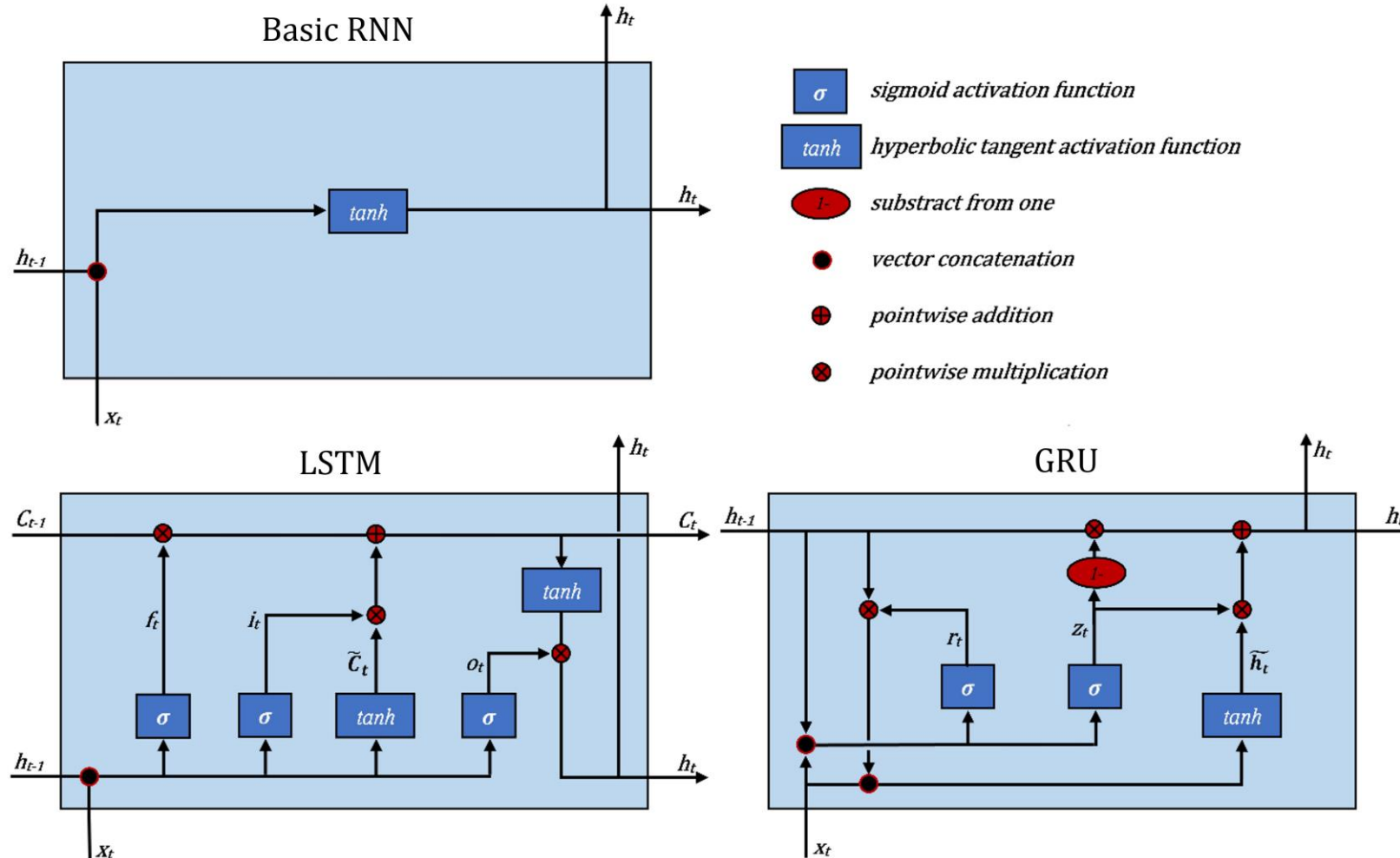
Réseau récurrent (RNN)



Input layer Hidden layer 1 Hidden layer 2 Output layer

(+) Capture les dépendances séquentielles courtes, non-linéarité

(-) Problème du gradient évanescent (difficulté à apprendre les dépendances longues), interprétabilité



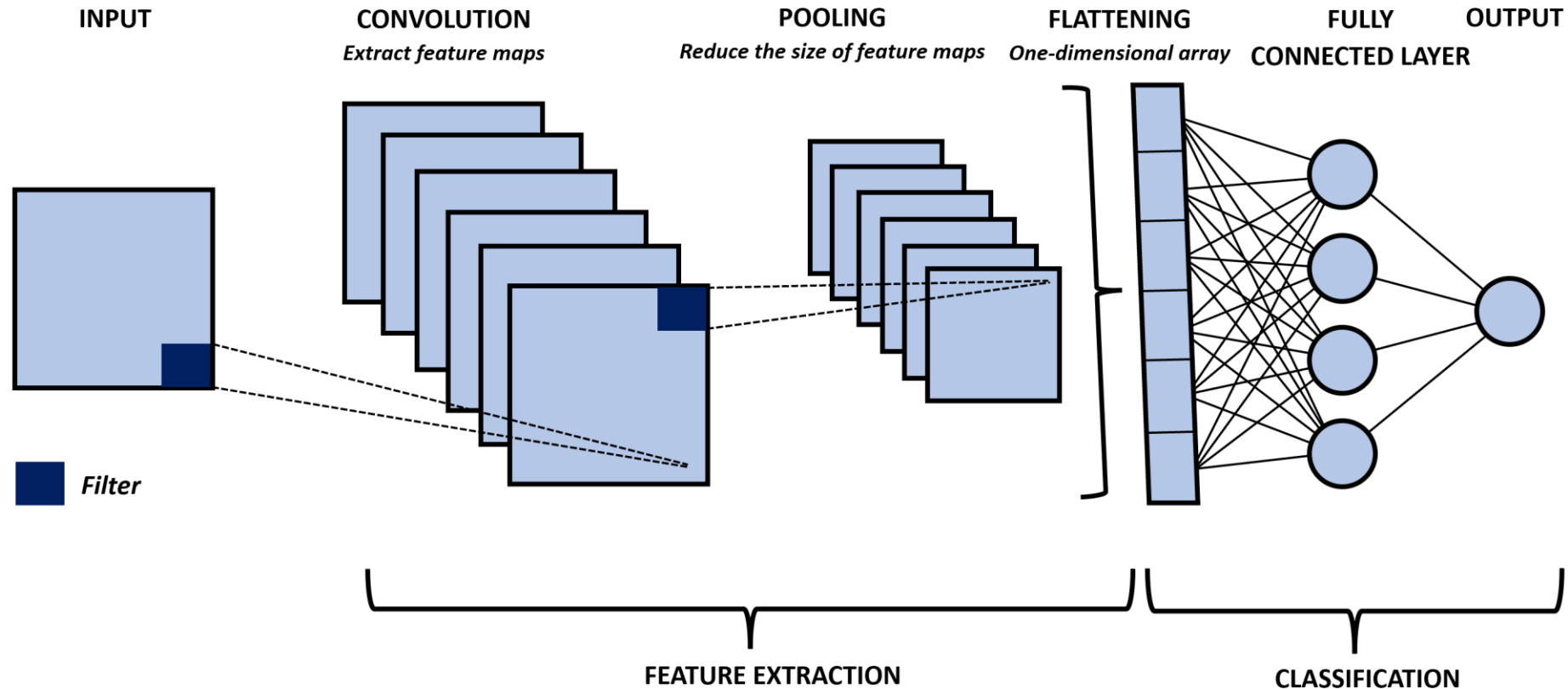
Source: Gautier V. (2022).

(+) Résout le problème du gradient évanescent, non-linéarité

(-) Plus complexe et lent à entraîner, besoin de plus de données pour la généralisation, interprétabilité

Rappels sur la modélisation – Deep learning, réseau à convolution (feedforward élaboré)

Réseau feedforward avec couche convolutive



(+) Capture les pattern spatiaux locaux, partage des poids (moins de paramètres)

(-) Interprétabilité, besoin de plus de données pour la généralisation, pas de dépendances temporelles

Rappels sur la modélisation – Deep learning, réseau à convolution (feedforward élaboré)

Two-dimensional input (black and white image)

CONVOLUTION

FEATURE MAP

FEATURE MAP AFTER ACTIVATION

INPUT

Activation

POOLING

POOLED FEATURE MAP

0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0

C ₁	C ₂	C ₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆
C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈
C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄
C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀
C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	C ₃₆

W ₁	W ₂	W ₃
W ₄	W ₅	W ₆
W ₇	W ₈	W ₉

A ₁	A ₂	A ₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆
A ₁₇	A ₁₈	A ₁₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂
A ₁₃	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇	A ₁₈
A ₁₉	A ₂₀	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	A ₂₄
A ₂₅	A ₂₆	A ₂₇	A ₂₈	A ₂₉	A ₃₀
A ₃₁	A ₃₂	A ₃₃	A ₃₄	A ₃₅	A ₃₆

P ₁	P ₂	P ₃
P ₄	P ₅	P ₆
P ₇	P ₈	P ₉

$$C_{15} = 1 \times W_1 + 0 \times W_2 + 0 \times W_3 + 0 \times W_4 + 0 \times W_5 + 0 \times W_6 + 1 \times W_7 + 0 \times W_8 + 0 \times W_9$$

$$P_5 = \text{Max}\{A_{15}; A_{16}; A_{21}; A_{22}\}$$

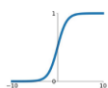
$$\text{or } P_5 = \text{Min}\{A_{15}; A_{16}; A_{21}; A_{22}\}$$

$$\text{or } P_5 = \text{Avg}\{A_{15}; A_{16}; A_{21}; A_{22}\}$$

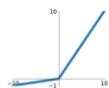
depending on the chosen pooling function.

Activation Functions

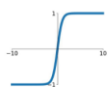
Sigmoid
 $\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$



Leaky ReLU
 $\max(0.1x, x)$

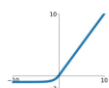


tanh
 $\tanh(x)$

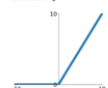


Maxout
 $\max(w_1^T x + b_1, w_2^T x + b_2)$

ELU
 $\begin{cases} x & x \geq 0 \\ \alpha(e^x - 1) & x < 0 \end{cases}$

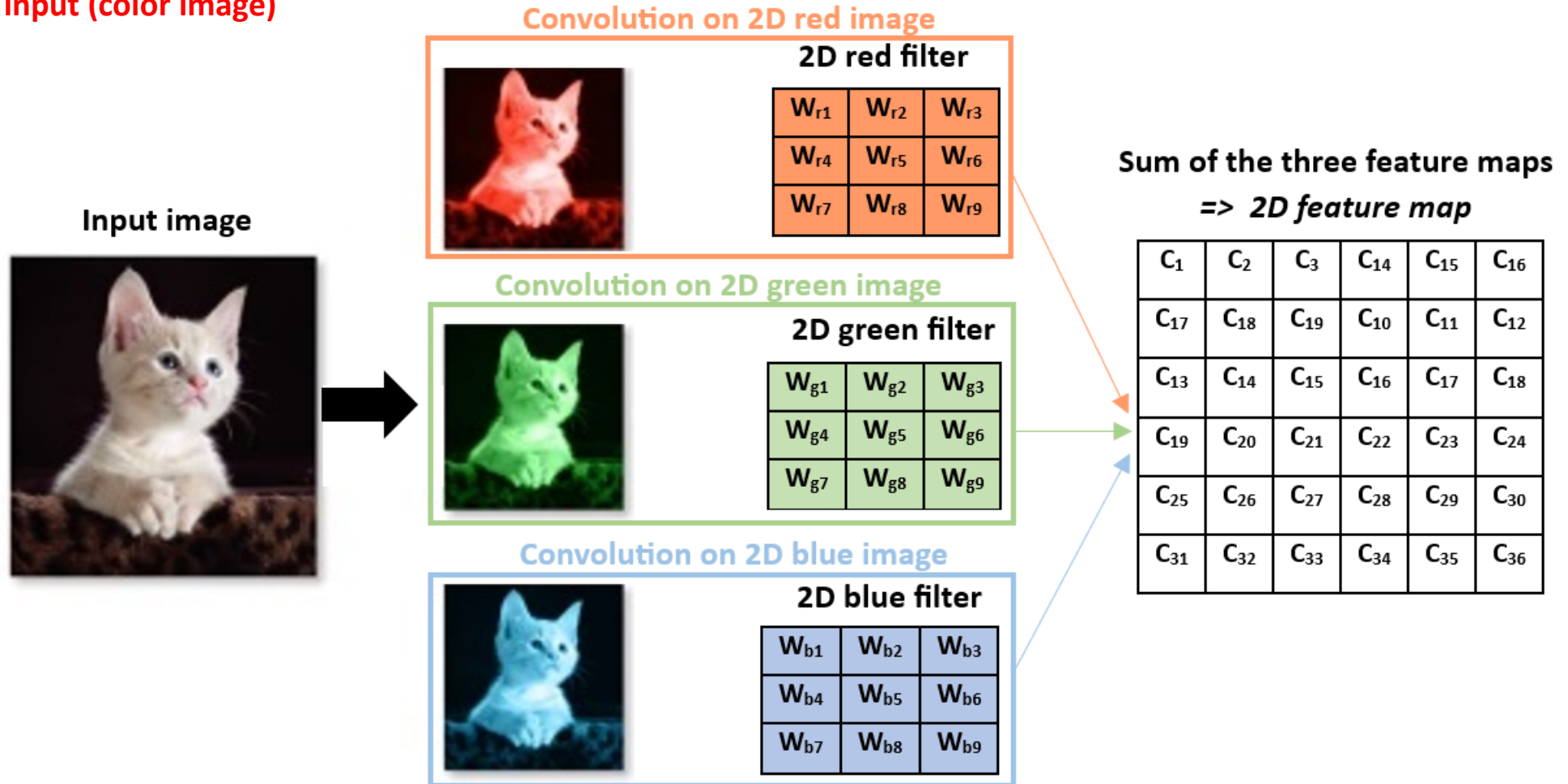


ReLU
 $\max(0, x)$



Rappels sur la modélisation – Deep learning, réseau à convolution (feedforward élaboré)

Three-dimensional input (color image)





Cas pratique: introduction à la contagion et détection des crises de change

Définition générale: La contagion est identifiée comme un processus général de transmission des chocs entre les pays. Ce dernier est censé fonctionner pendant les périodes calme et de crise, et la contagion est associée non seulement aux chocs négatifs, mais aussi aux effets de débordement positifs.

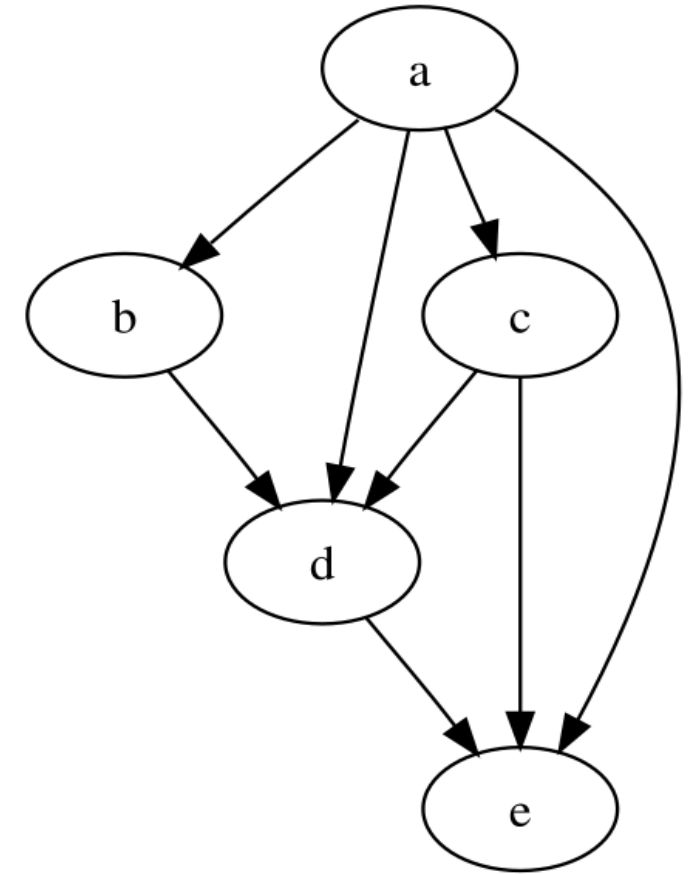
Définition restrictive (définition la plus controversée): La contagion est la propagation de chocs entre deux pays au-delà de ce qui devrait être attendu sur la base des fondamentaux et en tenant compte des co-mouvements déclenchés par les chocs communs. La contagion correspond à l'excès de co-mouvement une fois l'effet des fondamentaux déduit.

Définition très restrictive: La contagion doit être interprétée comme la modification des mécanismes de transmission qui a lieu pendant une période de turbulences. Par exemple, la contagion peut être déduite d'une augmentation significative de la corrélation entre les marchés.

Directed Acyclic Graph (DAG) estimé avec l'algorithme Peter-Clark:

1. **Test d'indépendance conditionnelle** => squelette du graph.
2. **Règle des colliders** => orientation des liens principaux.
3. **Règles de cohérence** => orientation des liens restants.

Directed acyclic graph example

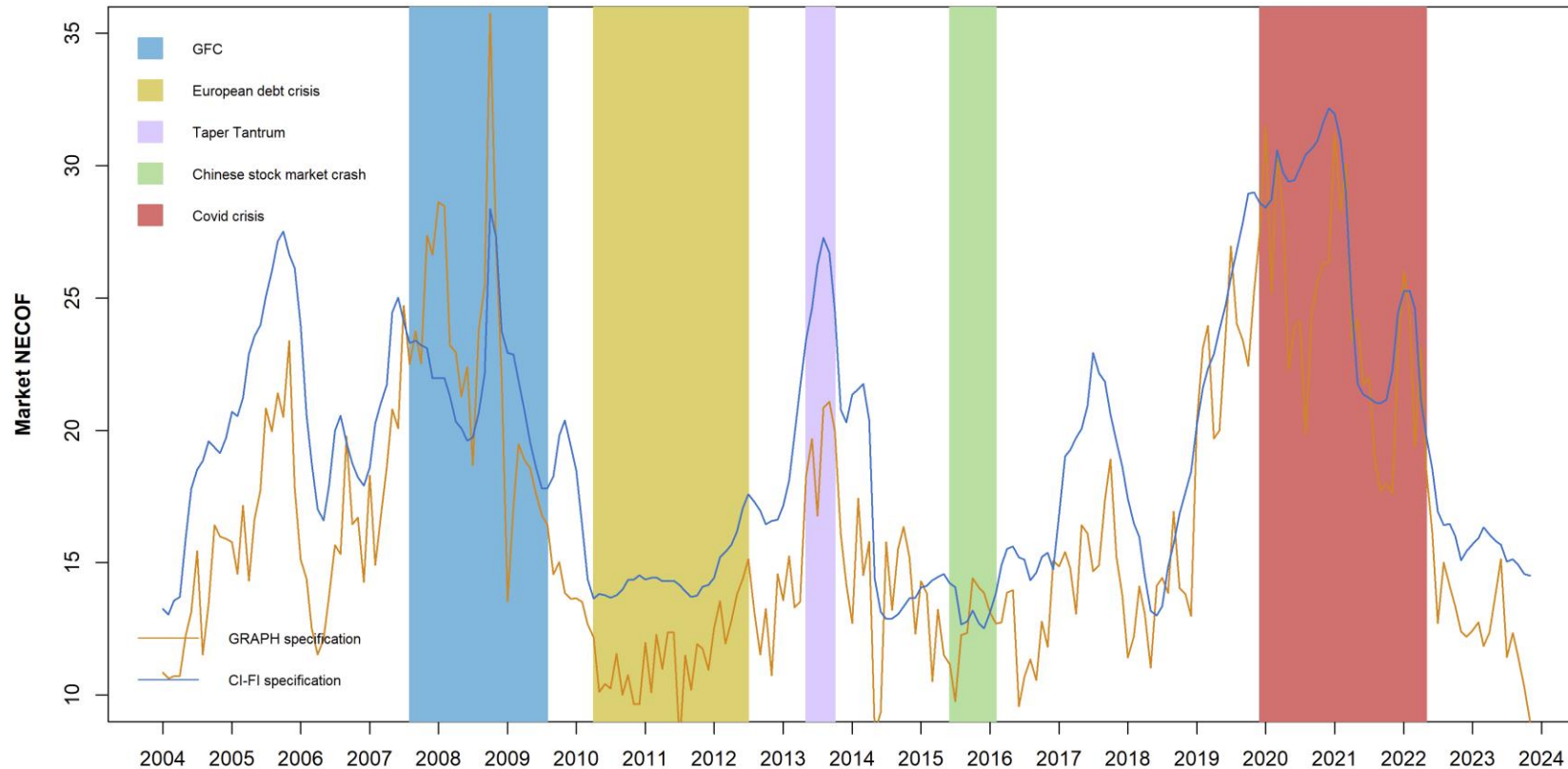


*a est un parent de b, c, d et e.
d est un enfant de a, b et c.*

Contagion et crises de change: Chapitre 3 – Analyse (1)

Market NECOF = indicateur de contagion à l'échelle du Forex.

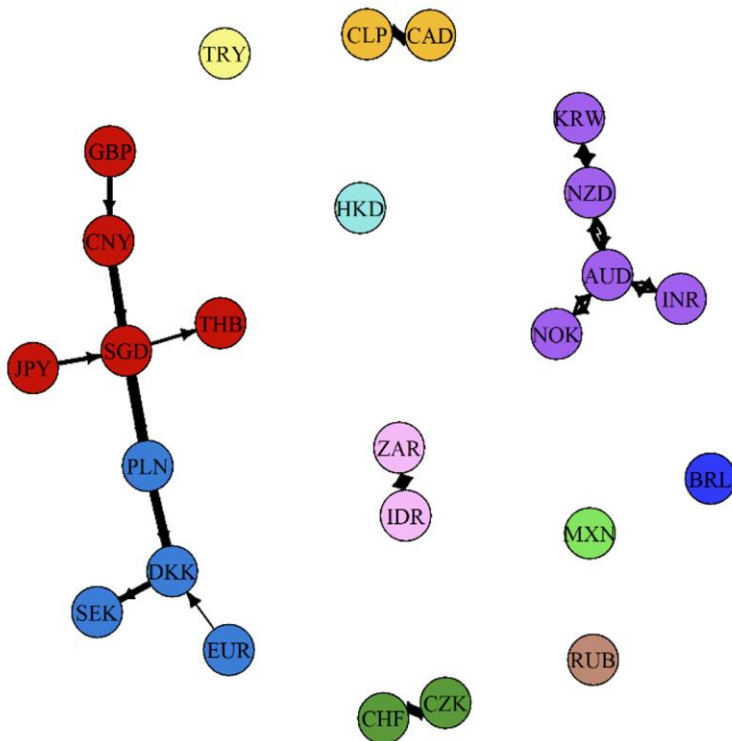
- En **bleu**: market NECOF calculé en utilisant les liens d'intégration commerciale et financière pour identifier les liens de transmission entre taux de change
- En **orange**: market NECOF calculé en utilisant les Directed Acyclic Graphs.



Source: Gautier V. (2025).

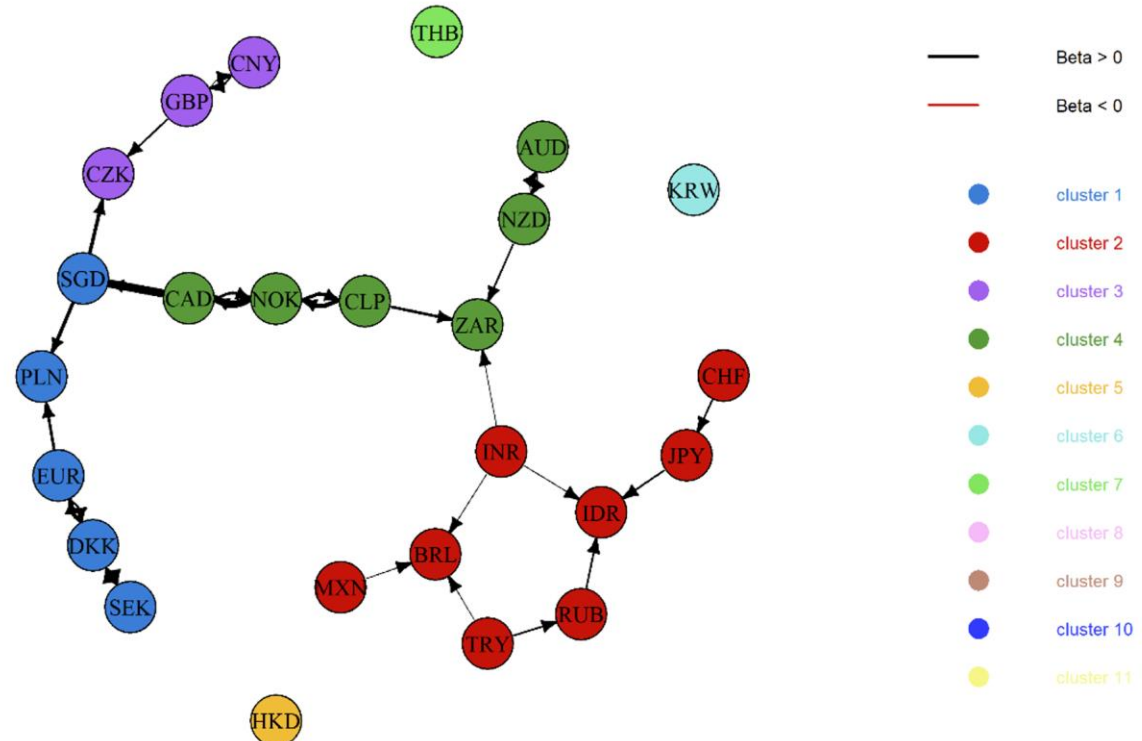
Avant le Covid

January 2019



Pendant le Covid

January 2021





Contagion et crises de change: Cas pratique

1) Calcul des corrélations et corrélations partielles + graphiques associés

2) Datation des crises de change à l'aide du critère de Frankel et Rose

-> Définir à l'aide d'un graphique les périodes de crises majeures

3) Confrontation des corrélations et des périodes de crises majeures

-> Graphiques impliquant la somme des corrélations absolues et les crises: quel constat? (même chose avec seulement les corrélations positives et seulement négatives)

https://github.com/vgautier1/cours_M1_IEF/

Corrélation	Corrélation Partielle	Directed Acyclic Graph
<ul style="list-style-type: none"> Mesure la force et la direction d'une relation linéaire entre deux variables (entre -1 et 1). Mesure la plus courante: coefficient de corrélation de Pearson. Ne fait pas la distinction entre les relations directes et indirectes. N'implique pas de causalité. Fonction <code>cor()</code> dans R. 	<ul style="list-style-type: none"> Mesure la force et la direction d'une relation linéaire entre deux variables tout en contrôlant l'effet d'une ou plusieurs variables supplémentaires (variables de confusion). Vise à isoler l'association unique entre deux variables après avoir éliminé l'influence d'autres variable en se basant sur la corrélation globale. N'implique pas de causalité. Fonction <code>pcor()</code> dans R. 	<ul style="list-style-type: none"> Structure graphique utilisée en théorie des graphes pour représenter des relations directionnelles sans cycles. Les flèches représentent la direction de l'influence ou de la relation entre les variables. Une flèche de A vers B signifie que A influence B. Repose sur des méthodes spécifiées pour identifier les relations causales (ex: algorithme de Peter et Clark reposant sur un test d'indépendance conditionnelle type χ^2). Identifie des relations de causalité. Fonction <code>pc()</code> du package <code>pcalg</code> dans R.



Merci de votre attention

Virginie Gautier

virginie.gautier@taceconomics.com

https://github.com/vgautier1/cours_M1_IEF/

TAC ECONOMICS

<https://taceconomics.com/en/>

<https://app.taceconomics.com/> (datalab)

