

CROISSANCE, RÉALLOCATION ET DYNAMIQUE DES ENTREPRISES

PHILIPPE AGHION - 2017



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

COURS 5 : AUTOMATISATION ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

PHILIPPE AGHION – 31/10/17



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

PARTIE 1 : INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

PHILIPPE AGHION – 31/10/17



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

INTRODUCTION

- Conséquences de l'intelligence artificielle pour la croissance économique ?
- L'intelligence artificielle (AI) peut être définie comme «la capacité d'une machine à imiter un comportement humain intelligent» ou «la capacité d'un agent à atteindre des objectifs dans un large éventail d'environnements»



INTRODUCTION

- Ces définitions évoquent immédiatement des problèmes économiques fondamentaux :
- Que se passe-t-il si l'intelligence artificielle permet d'automatiser un nombre toujours croissant de tâches accomplies auparavant au travers du travail humain ?



INTRODUCTION

- L'intelligence artificielle peut être utilisée dans la production ordinaire de biens et de services, avec des effets potentiels sur les taux de croissance et le partage des revenus



INTRODUCTION

- L'intelligence artificielle peut également changer la production de nouvelles idées elles-mêmes, en aidant à résoudre des problèmes complexes et en démultipliant la créativité
- L'intelligence artificielle pourrait également affecter les actions et les incitations au niveau de l'entreprise
- L'intelligence artificielle permet d'accélérer l'apprentissage et l'imitation, et accélérer le processus de destruction créative



INTRODUCTION

- En poussant le raisonnement à l'extrême, certains observateurs ont fait valoir que l'intelligence artificielle pourrait rapidement devenir auto-améliorante, produisant des «singularités» caractérisées par une intelligence artificielle illimitée et / ou une croissance économique illimitée en un temps fini



INTRODUCTION

- Nous concevons l'intelligence artificielle comme la forme la plus aboutie du processus d'automatisation, qui se développe depuis au moins 200 ans.
- Du métier à tisser aux puces d'ordinateurs, en passant par la machine à vapeur ou l'électricité, l'automatisation des processus de production a été un élément clé de la croissance économique depuis la Révolution Industrielle.



INTRODUCTION

- On peut voir l'intelligence artificielle comme une nouvelle forme d'automatisation qui affecte des tâches que l'on croyait auparavant hors de portée de l'automatisation.
- Ces tâches pourraient être des voitures autonomes, ou impliquer des niveaux élevés de compétences, tels que les services juridiques, la radiologie ou encore certaines formes de recherche scientifique en laboratoire.



EFFETS SUR LA CROISSANCE

- Les conséquences de la croissance de l'automatisation et de l'intelligence artificielle peuvent être contrainst par le «*cost disease*» de Baumol.
- Baumol (1967) a observé que les secteurs connaissant une croissance rapide de la productivité, comme l'agriculture ou même l'industrie manufacturière aujourd'hui, voient souvent leur part du PIB diminuer tandis que les secteurs connaissant une croissance relativement lente de la productivité voient leur part augmenter (effets prix)



EFFETS SUR LA CROISSANCE

- Lorsqu'elle est appliquée à un modèle où l'intelligence artificielle automatise la production de biens et de services, l'effet Baumol permet de concevoir une croissance globale équilibrée avec une part de capital constante qui reste bien inférieure à 100%, même avec une automatisation presque complète.



EFFETS SUR LA CROISSANCE

- Lorsque cette vision est appliquée à un modèle où l'intelligence artificielle automatise la production d'idées, alors même que de nombreuses tâches sont automatisées, la croissance n'explosera pas en raison des facteurs de production qui restent essentiels mais difficiles à améliorer.



EFFETS SUR LA CROISSANCE

- Innovation relancée
- Imitation ?
- Destruction créatrice



EFFETS SUR LA CROISSANCE

- Acemoglu-Restrepo
- Destruction d'emplois par l'automatisation
- Création d'emplois par la création de nouvelles lignes



EFFETS SUR LES INÉGALITÉS SALARIALES

- Amélioration des compétences
- Cependant, la prime salariale liée au travail dans les entreprises intensives en intelligence artificielle peut être plus élevée pour les professions peu qualifiées



QUESTIONS

- **Qu'est-ce qui a motivé l'introduction des robots?**
- **Conséquence de l'intelligence artificielle sur :**
 - Comment organiser les marchés du travail ?
 - Comment adapter la politique de la concurrence et la protection des droits de propriété intellectuelle ?
 - Comment réorganiser l'État ?



CROISSANCE, RÉALLOCATION ET DYNAMIQUE DES ENTREPRISES

PHILIPPE AGHION - 2017



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

COURS 5 : AUTOMATISATION ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

PHILIPPE AGHION – 31/10/17



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

PARTIE 1 : IMPACT DE LA ROBOTISATION SUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL

PHILIPPE AGHION – 31/10/17



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

INTRODUCTION

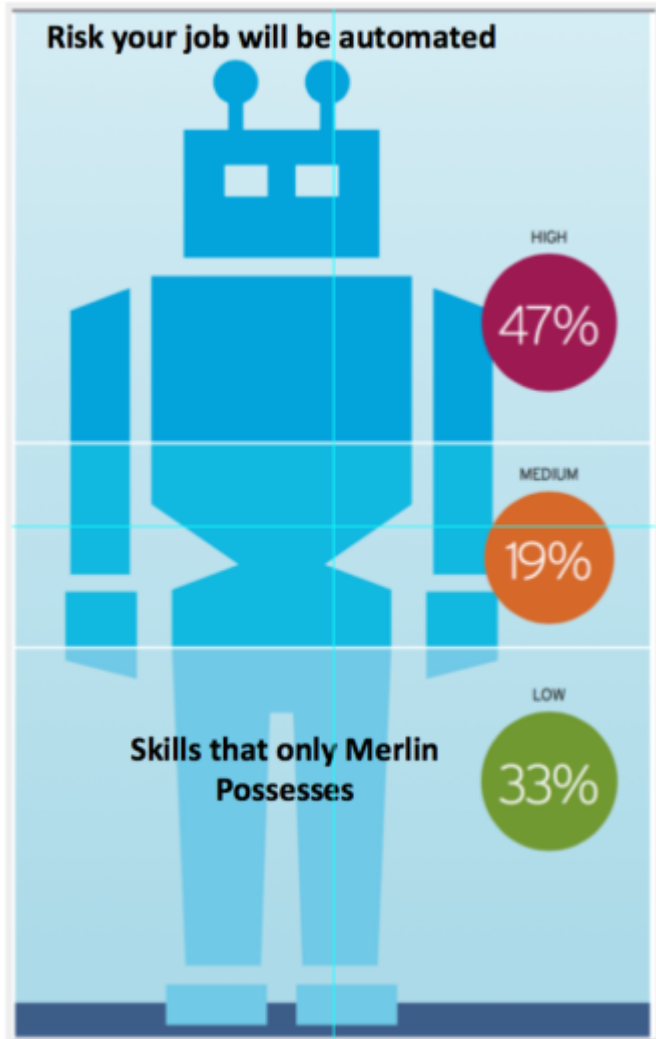
- Inquiétude historique de l'impact du changement technologique sur l'emploi
- *« Nous sommes atteints d'une nouvelle maladie dont certains lecteurs n'ont peut-être pas entendu le nom, mais dont ils entendront beaucoup parler dans les années à venir, à savoir le chômage technologique »*

Keynes (1930)



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —

INTRODUCTION



- Quel sera l'impact des robots sur l'emploi ?
- ***The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?*** Frey et Osborne, Mimeo Oxford
- Ils d'intéressent à la probabilité d'automatisation des différents métiers
- Ils concluent que 47% de l'emploi américain sera hautement menacé par l'automatisation des tâches au cours des 20 prochaines années



INTRODUCTION

- Estimation controversée :
 - Cette étude s'intéresse uniquement à ce que la technologie permettra de faire pour remplacer le travail humain
 - Mais elle ne tient pas compte de la réponse de l'économie dans un modèle d'équilibre général :
 - Coût de l'automatisation
 - Réponse des salaires face à cette menace
 - Création de nouveaux emplois dans les entreprises, complémentaires de l'automatisation



ROBOTISATION ET MARCHÉ DU TRAVAIL

- ***Robots and jobs: Evidence from the US.*** Acemoglu et Restrepo, NBER Working Paper (2017)
- **Question :**
 - Quel a été l'impact de la robotisation sur le marché du travail jusqu'alors ?



ROBOTISATION ET MARCHÉ DU TRAVAIL

- Afin de bien définir le cadre de l'étude, les auteurs se concentrent sur l'impact des robots industriels.
- Définition officielle de l'International Federation of Robotics (IFR) : « *Une machine contrôlée automatiquement, reprogrammable et multi-usages.* »
- Exemple de tâches : Peinture, Assemblage, etc.



DONNÉES : ROBOTS

- Données de *l'International Federation of Robotics*
- Evolution similaire en Europe et aux Etats-Unis : nombre de robots pour 1000 employés multiplié par 5 en 20 ans

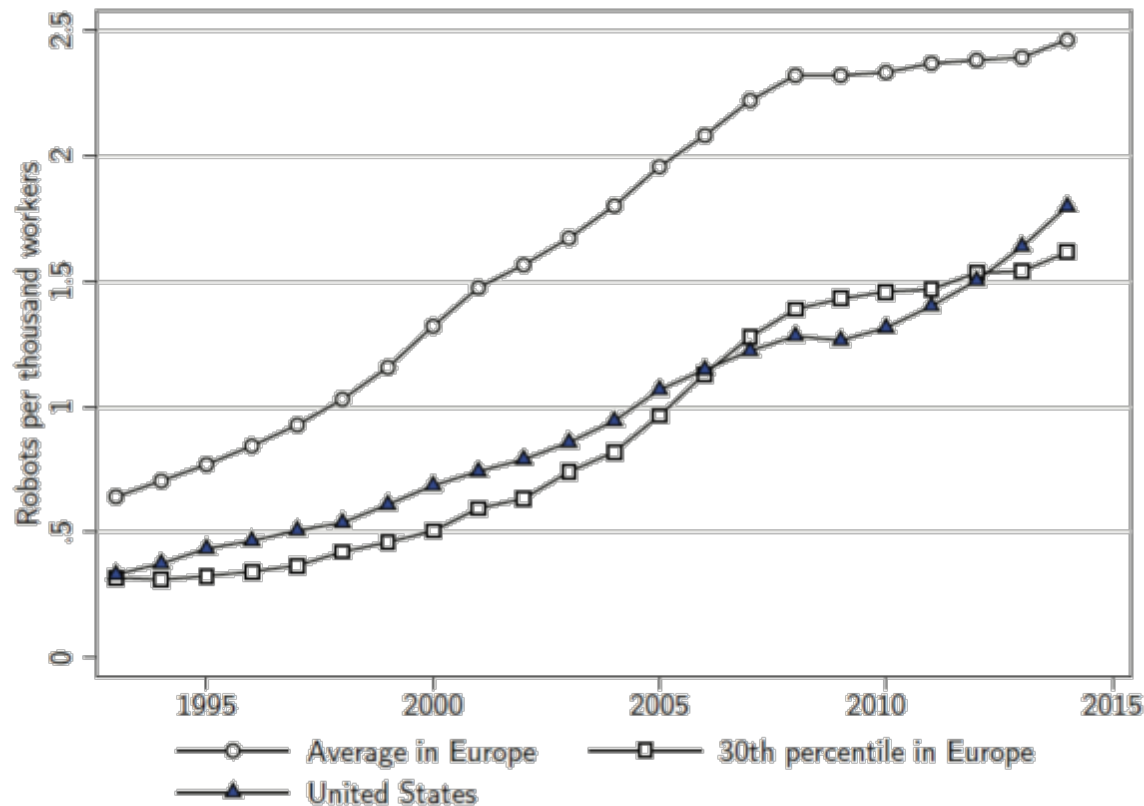


FIGURE 1: INDUSTRIAL ROBOTS IN THE UNITED STATES AND EUROPE.



DONNÉES : ROBOTS

- Données de *l'International Federation of Robotics*
- L'Europe reste en permanence au dessus des Etats-Unis, l'écart s'est creusé dans les années 2000, et se réduit depuis 2010

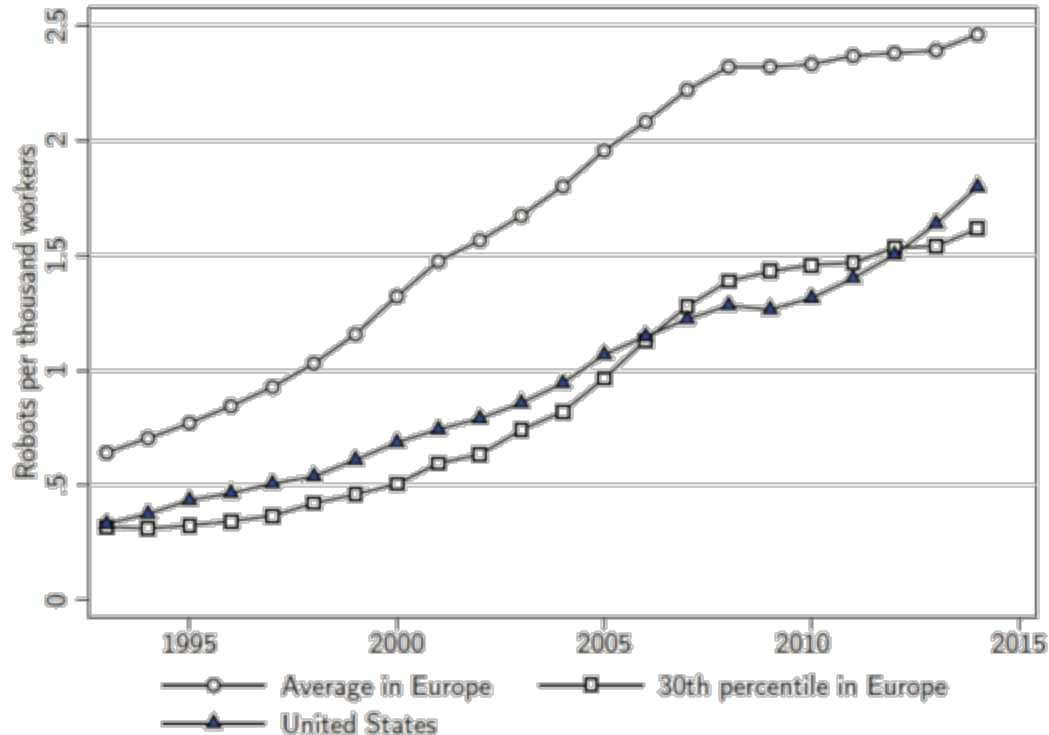


FIGURE 1: INDUSTRIAL ROBOTS IN THE UNITED STATES AND EUROPE.



DONNÉES : ROBOTS

- Pénétration des robots selon les secteurs (en jaune)
- Grande hétérogénéité dans l'accroissement du nombre de robots pour 1000 employés selon les secteurs en Europe entre 1993 et 2007
- Indice normalisé à 1 pour le secteur dans lequel la hausse est la plus importante

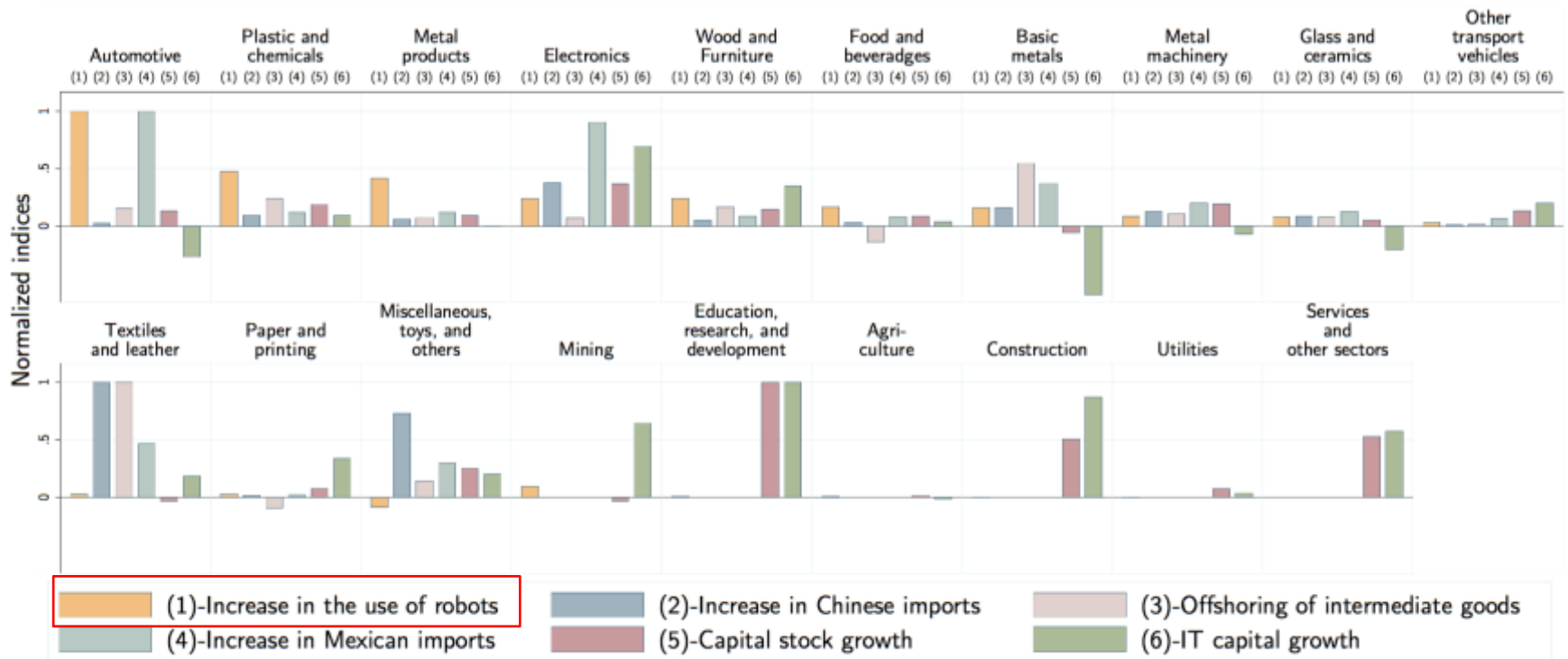


FIGURE 2: INDUSTRY-LEVEL CHANGES IN THE USE OF ROBOTS, CHINESE IMPORTS, CAPITAL STOCK AND IT CAPITAL.

DONNÉES : ROBOTS

- Les auteurs présentent d'autres tendances au sein des secteurs (Evolution des imports chinois, croissance de la part du capital, etc.)
- On observe que la hausse du nombre de robots ne semble corrélée avec aucune autre tendance sectorielle

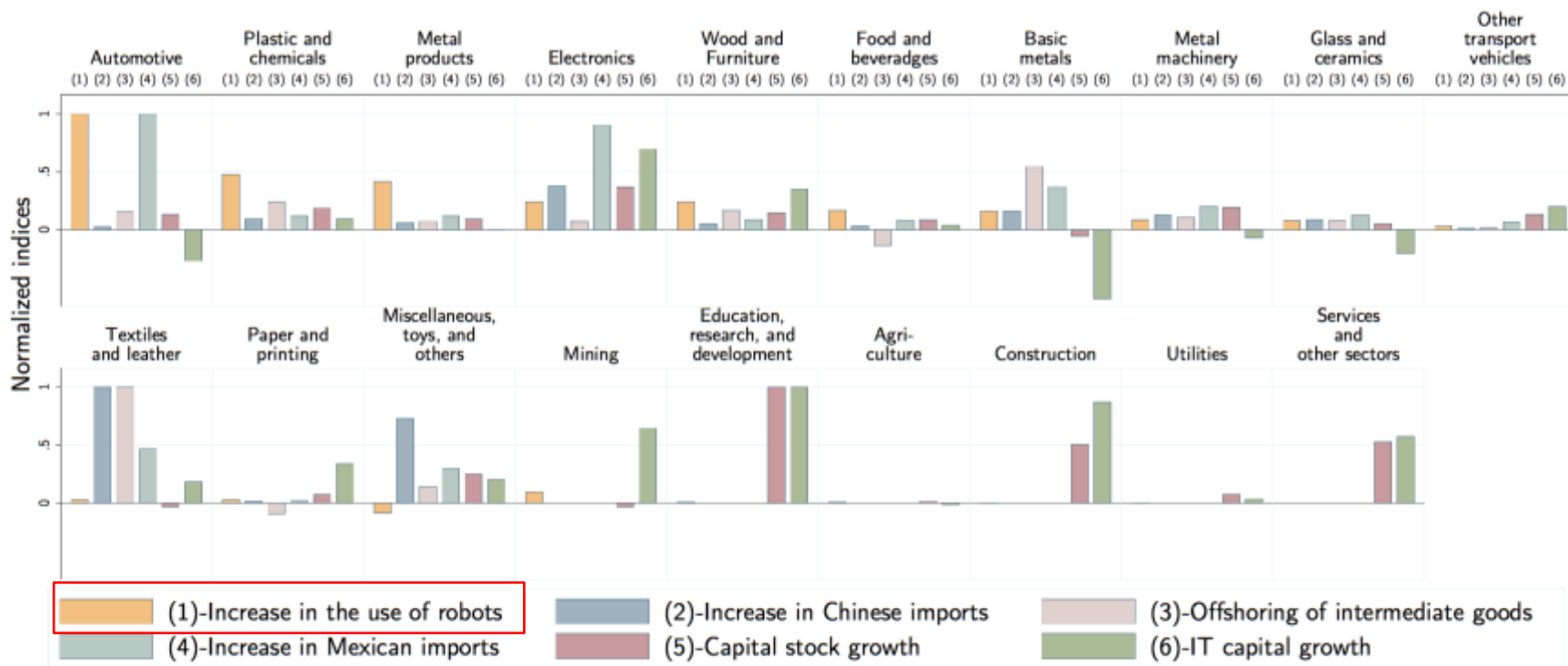


FIGURE 2: INDUSTRY-LEVEL CHANGES IN THE USE OF ROBOTS, CHINESE IMPORTS, CAPITAL STOCK AND IT CAPITAL.

ÉLÉMENTS DU MODÈLE

- Modèle dans lequel les individus et les robots sont en concurrence pour la réalisation des différentes tâches nécessaires à la production de biens, au sein de zones d'emplois
- Afin de bien représenter la réalité, la part des tâches pouvant être réalisée par les robots dépend du secteur considéré
- Les zones d'emploi peuvent commercer entre elles
- Le modèle décompose l'impact des robots sur l'emploi et les salaires en deux effets :
 1. Effet négatif sur les employés qui perdent leur travail
 2. Effet positif de hausse de la productivité sur l'ensemble de l'économie



ÉLÉMENTS DU MODÈLE

- Dans le modèle, l'impact des robots dans les zones d'emploi est décrit par une mesure de *l'exposition* de ces zones aux robots
- Elle est construite à partir du poids des différents secteurs par zone d'emploi, et de la hausse moyenne du nombre de robots par secteur :

$$\text{Exposure to robots in } c = \sum_i \text{Base employment in industry } i \text{ at } c \times \text{National increase in robots per worker in } i$$



EXPOSITION LOCALE AUX ROBOTS

- Écart importants entre les différentes zones d'emploi américaines
- Cette grande variabilité géographique va permettre d'estimer l'impact sur l'emploi et les salaires au niveau local

A. Exogenous exposure to robots from 1993 to 2007

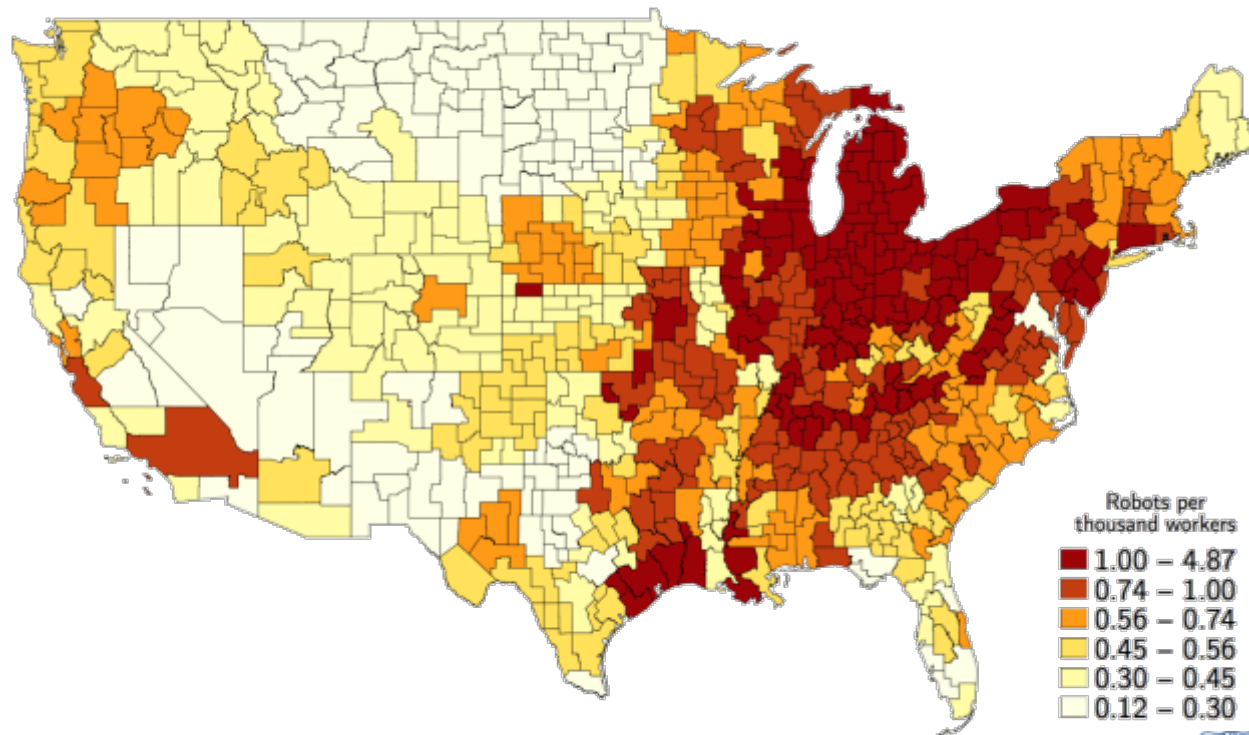


Figure: Exposure to robots across U.S. commuting zones.



PREMIÈRES ESTIMATIONS SUR L'EMPLOI

- Deux mesures de l'emploi :
 - Panel A : Données provenant des recensements (côté ménages)
 - Panel B : Données du US Census Bureau (côté entreprises)
- Variables de contrôles entre les colonnes : (1) Base, (2) Ajout des évolutions démographiques naturelles, (3) Ajout des évolutions de l'emploi par secteur, (4) Ajout de chocs externes : imports, etc.

Table: Estimates of exposure to robots on employment from 1990 to 2007.

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Panel A. Census private employment to population ratio.</i>				
Exposure to robots from 1993 to 2007	-0.916*** (0.304)	-0.782*** (0.262)	-0.769*** (0.185)	-0.751*** (0.166)
Observations	722	722	722	722
<i>Panel B. CBP employment to population ratio.</i>				
Exposure to robots from 1993 to 2007	-1.435*** (0.503)	-1.175*** (0.377)	-1.231*** (0.372)	-1.310*** (0.347)
Observations	722	722	722	722
<i>Covariates & sample restrictions:</i>				
Census division dummies	✓	✓	✓	✓
Demographics		✓	✓	✓
Broad industry shares			✓	✓
Trade, Routinization and Offshoring				✓



PREMIÈRES ESTIMATIONS SUR L'EMPLOI

- Dans tous les cas, on observe un effet négatif de l'exposition aux robots sur l'emploi
- Cet effet est statistiquement significatif

Table: Estimates of exposure to robots on employment from 1990 to 2007.

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Panel A. Census private employment to population ratio.</i>				
Exposure to robots from 1993 to 2007	-0.916***	-0.782***	-0.769***	-0.751***
	(0.304)	(0.262)	(0.185)	(0.166)
Observations	722	722	722	722
<i>Panel B. CBP employment to population ratio.</i>				
Exposure to robots from 1993 to 2007	-1.435***	-1.175***	-1.231***	-1.310***
	(0.503)	(0.377)	(0.372)	(0.347)
Observations	722	722	722	722
<i>Covariates & sample restrictions:</i>				
Census division dummies	✓	✓	✓	✓
Demographics		✓	✓	✓
Broad industry shares			✓	✓
Trade, Routinization and Offshoring				✓



PREMIÈRES ESTIMATIONS SUR LES SALAIRES

- On estime également l'impact sur les salaires :

$$\ln W_{cg,2007} - \ln W_{cg,1990} = \beta^W \cdot \text{Exposure to robots } 1993\text{-}2007_c + \epsilon_{cg}^W,$$

- Deux mesures de salaires : horaires (A) et hebdomadaires (B)
- Variables de contrôle identiques au cas de l'emploi
- Effet négatif de l'exposition aux robots sur les salaires

Table: Estimates of exposure to robots on wages from 1990 to 2007.

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Panel C. log of hourly wages.</i>				
Exposure to robots from 1993 to 2007	-2.273*** (0.391)	-1.941*** (0.249)	-1.409*** (0.272)	-1.476*** (0.322)
Observations	163114	163114	163114	163114
<i>Panel D. log of weekly wages.</i>				
Exposure to robots from 1993 to 2007	-2.982*** (0.389)	-2.562*** (0.270)	-2.068*** (0.267)	-2.126*** (0.301)
Observations	163114	163114	163114	163114
<i>Covariates & sample restrictions:</i>				
Census division dummies	✓	✓	✓	✓
Demographics		✓	✓	✓
Broad industry shares			✓	✓
Trade, Routinization and Offshoring				✓

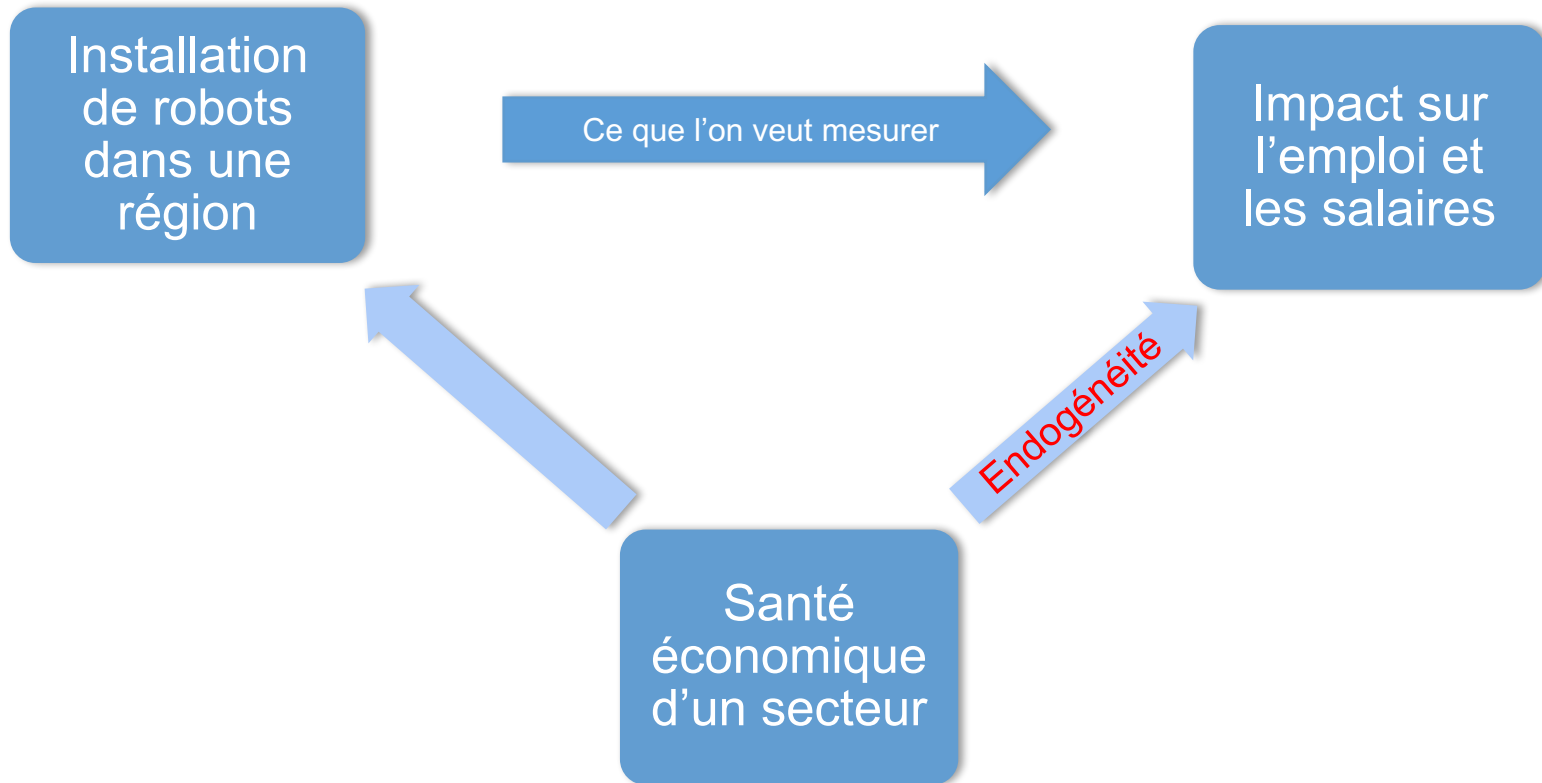


ENDOGENÉITÉ

- Ces premières estimations donnent des premiers éléments concernant l'impact de la robotisation sur le marché du travail
- Toutefois, ils soulèvent un problème d'endogénéité :
 - L'adoption de robots dans un secteur donné peut provenir d'une réponse aux problèmes économiques
 - Mais si un secteur représente un poids important dans une zone d'emploi, et qu'il est en difficulté, cela aura probablement également un impact négatif sur l'emploi dans cette zone d'emploi
 - Enfin, la santé économique d'un secteur peut avoir un effet à la fois sur l'emploi et sur le nombre de robots installés, ce qui pose problème pour étudier l'effet causal de l'installation de robots sur l'emploi



ENDOGENÉITÉ



ENDOGENÉITÉ

- Pour se concentrer sur l'impact de la robotisation sur l'emploi et les salaires, on veut pouvoir mesurer :
 - uniquement les installations de robots dues à des progrès technologiques
 - sans tenir compte de celles dues à des circonstances économiques
- Pour cela, les auteurs vont utiliser un **instrument**, permettant de ne capter que les installations de robots dues à des progrès technologiques : l'installation de robots par industrie dans l'ensemble des économies avancées du monde.
- Comme les pays font face à des circonstances économiques différentes, l'évolution des robots dans l'ensemble des pays avancés est un instrument pour les progrès technologiques



RÉGRESSION AVEC INSTRUMENT

- On isole alors l'effet souhaité, on diminue donc la magnitude de l'impact des robots sur l'emploi par rapport aux régressions précédentes :

	IV ESTIMATES FROM 1990 TO 2007			
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Panel A. Census private employment to population ratio.</i>				
Instrumented exposure to robots from 1993 to 2007	-0.421** (0.180)	-0.359** (0.155)	-0.367*** (0.123)	-0.371*** (0.115)
Observations	722	722	722	722
<i>Panel B. First-stage for exposure to robots in the US.</i>				
(exogenous) exposure to robots from 1993 to 2007	2.175*** (0.285)	2.178*** (0.272)	2.094*** (0.269)	2.026*** (0.275)
First-stage <i>F</i> statistic	58.3	64.2	60.6	54.2
<i>Covariates & sample restrictions:</i>				
Census division dummies	✓	✓	✓	✓
Demographics		✓	✓	✓
Broad industry shares			✓	✓
Trade, Routinization and Offshoring				✓

- Quelques soient les variables de contrôles considérées, on observe tout de même un impact négatif des robots sur l'emploi



RÉGRESSION AVEC INSTRUMENT

IV ESTIMATES FROM 1990 TO 2007

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Panel A. Census private employment to population ratio.</i>				
Instrumented exposure to robots from 1993 to 2007	-0.421**	-0.359**	-0.367***	-0.371***
Observations	(0.180)	(0.155)	(0.123)	(0.115)
	722	722	722	722
<i>Panel B. First-stage for exposure to robots in the US.</i>				
(exogenous) exposure to robots from 1993 to 2007	2.175***	2.178***	2.094***	2.026***
First-stage <i>F</i> statistic	(0.285)	(0.272)	(0.269)	(0.275)
	58.3	64.2	60.6	54.2
<i>Covariates & sample restrictions:</i>				
Census division dummies	✓	✓	✓	✓
Demographics		✓	✓	✓
Broad industry shares			✓	✓
Trade, Routinization and Offshoring				✓

- Dans le cas de la régression avec le plus de contrôles, l'introduction d'un nouveau robot pour 1000 employés réduit la part de population employée de 0,37 points de pourcentage
- Etant donné l'évolution du nombre de robots entre 1993 et 2007, on en déduit qu'en moyenne, l'introduction d'un robot conduit à une perte d'emploi pour 6,2 employés.



RÉGRESSION AVEC INSTRUMENT

Graphiquement, impact négatif de la robotisation sur l'emploi :

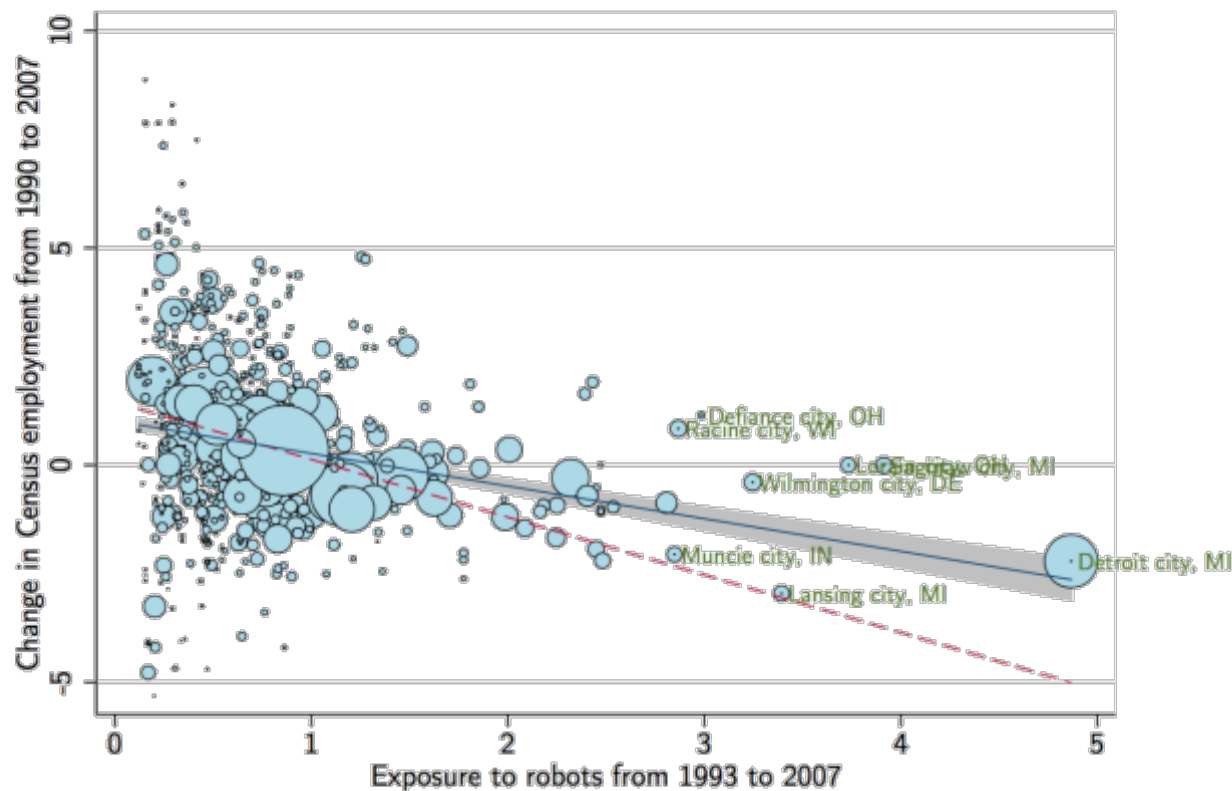


Figure: Regression plots for the impact of exposure to robots on the Census employment to population rate (in p.p.).



RÉGRESSION AVEC INSTRUMENT

- Les auteurs mènent un exercice similaire sur les salaires :

Panel D. Log hourly wage.

Instrumented exposure to robots from 1993 to 2007	-1.043*** (0.257)	-0.891*** (0.196)	-0.675*** (0.173)	-0.732*** (0.219)
First-stage F statistic	60.4	66.2	61.4	55.5
Observations	163114	163114	163114	163114

- Dans le cas de la régression avec le plus de contrôles, l'introduction d'un robot pour 1000 employés dans une zone d'emploi conduit à une baisse des salaires de 0,73%.



RÉGRESSION AVEC INSTRUMENT

Graphiquement, impact négatif de la robotisation sur les salaires :

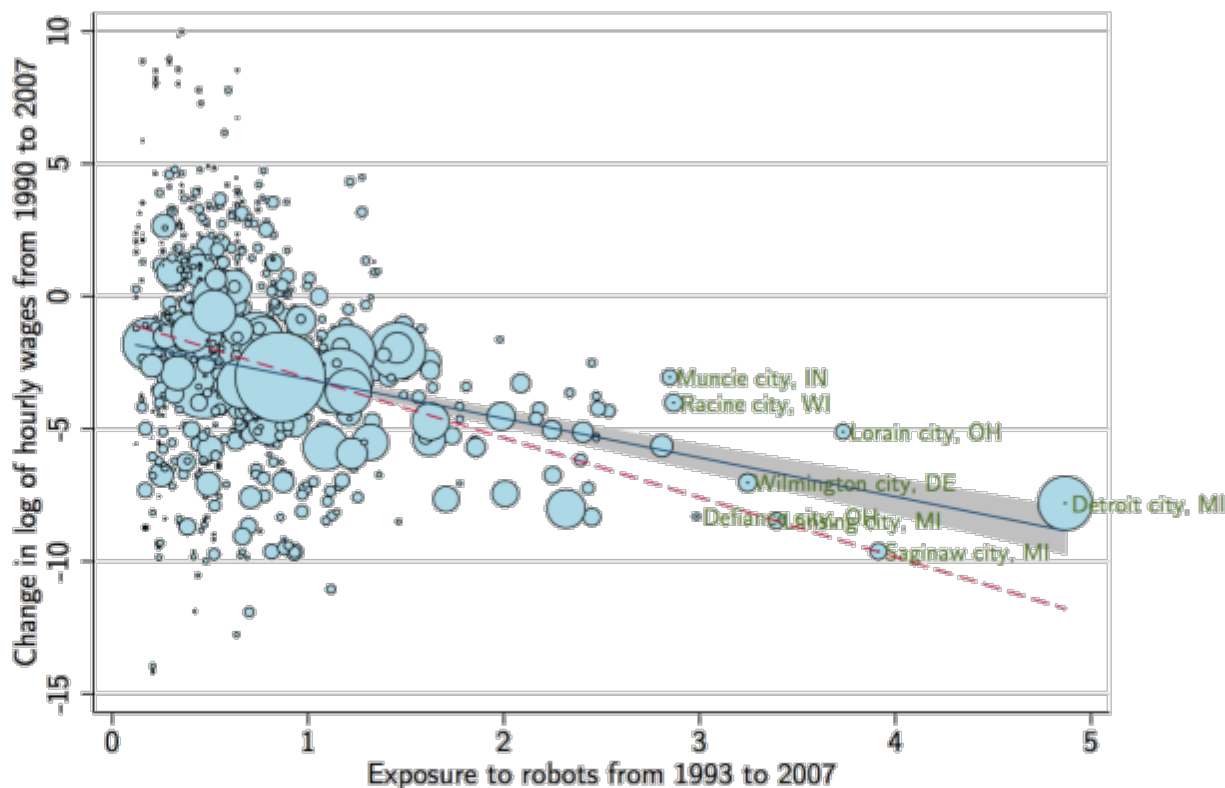
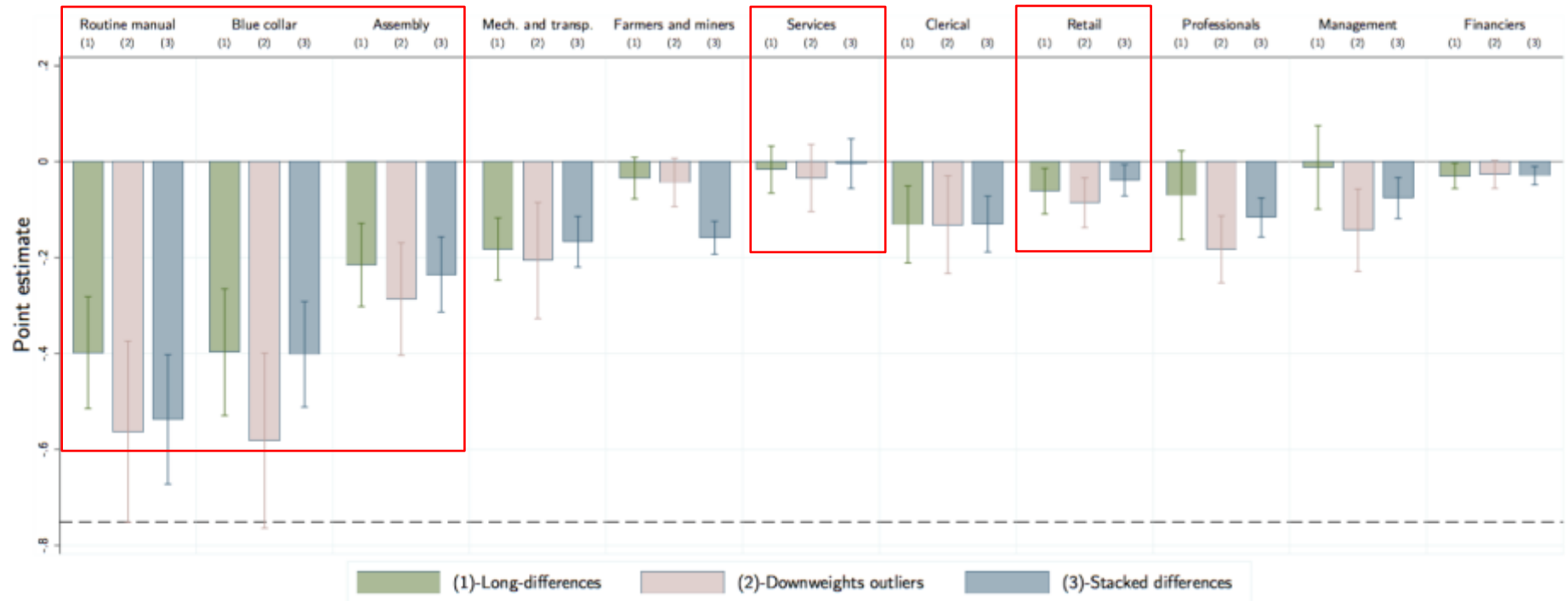


Figure: Regression plots for the impact of exposure to robots on the log of hourly wages (in log points).



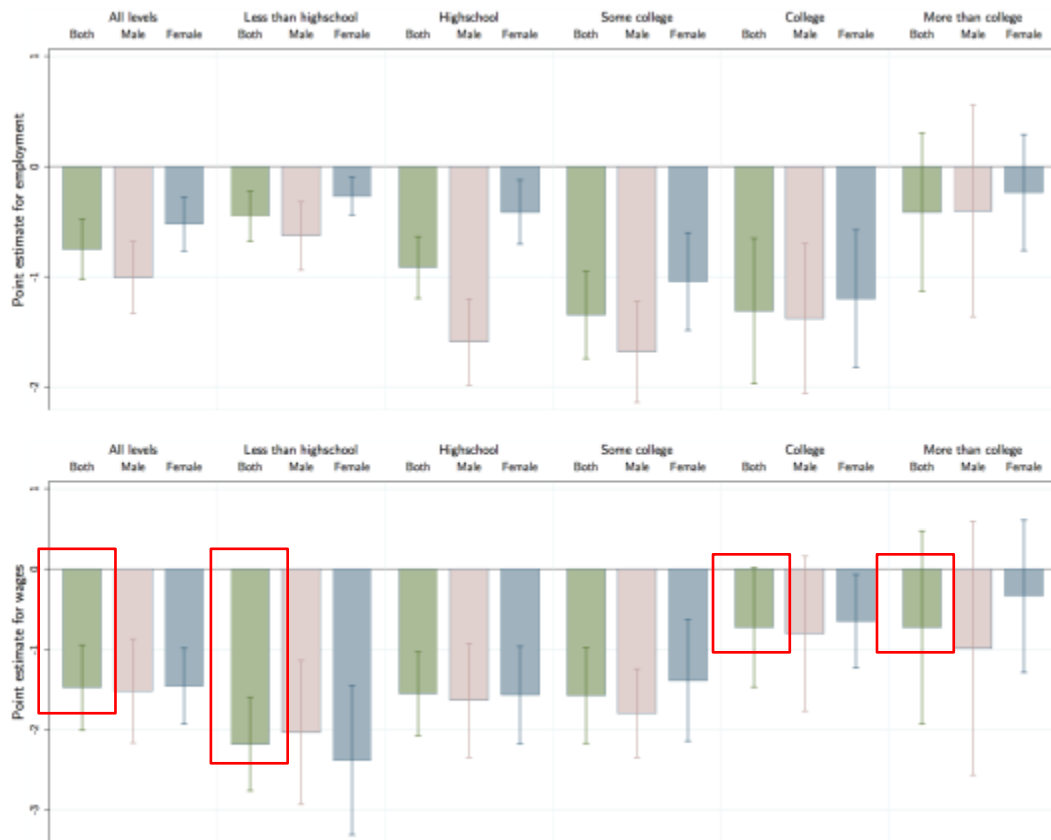
IMPACT PAR PROFESSION



- Impact des robots sur l'emploi par profession :
 - Impact négatif sur l'ensemble des professions
 - Mais beaucoup plus marqué sur les professions manuelles routinières ou d'assemblage que sur les métiers de services ou de commerce par exemple



IMPACT SELON LE NIVEAU D'ÉTUDE

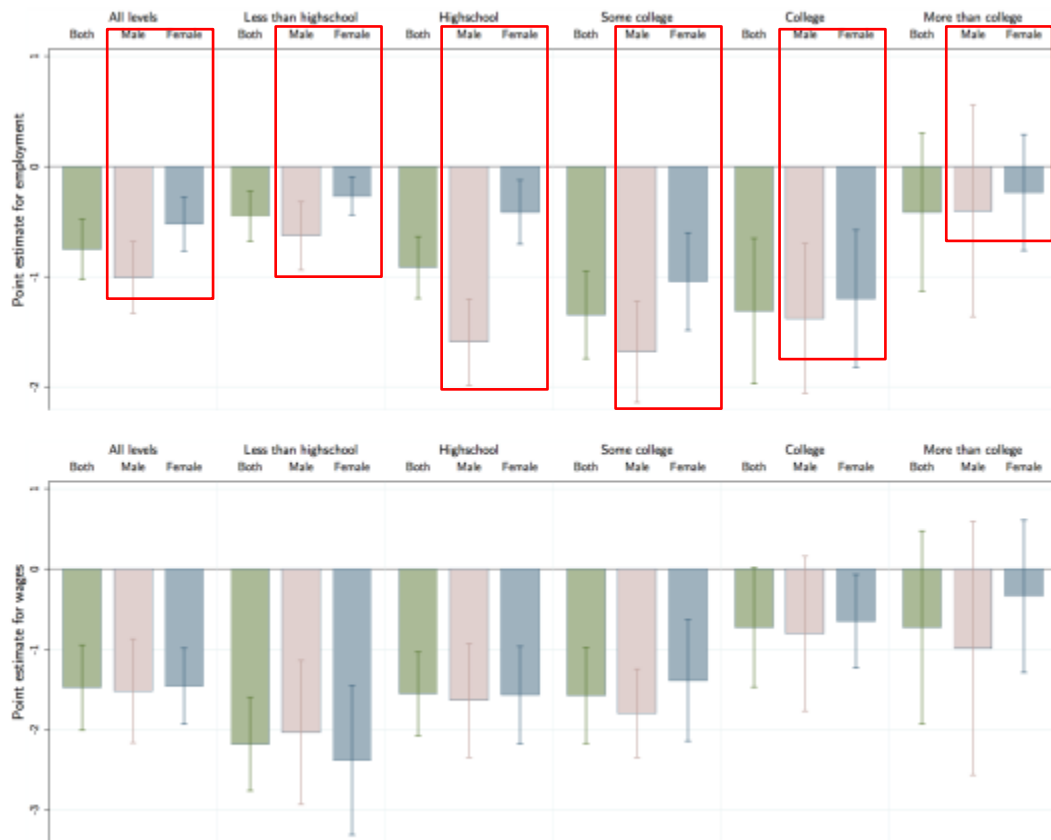


- Encore une fois, quelque soit le niveau d'étude, impact négatif des robots sur emploi et salaires
- Toutefois, plus marqué pour les individus n'ayant pas suivi de cursus universitaire, notamment en termes de salaire

FIGURE 12: RELATIONSHIP BETWEEN THE EXPOSURE TO ROBOTS AND EMPLOYMENT AND WAGES BY EDUCATION GROUP.



IMPACT HOMME/FEMME



- On remarque également que l'effet sur l'emploi est plus négatif sur les hommes que les femmes, quelque soit le niveau d'étude
- L'effet est moins marqué sur les salaires

FIGURE 12: RELATIONSHIP BETWEEN THE EXPOSURE TO ROBOTS AND EMPLOYMENT AND WAGES BY EDUCATION GROUP.



CONCLUSIONS INTERMÉDIAIRES

- Cet article propose une démarche afin d'évaluer l'impact des robots sur le marché du travail (emploi, salaires) au cours des 20 dernières années.
- A l'inverse d'autres études sur la question de la robotisation, cet article propose un cadre clair en se concentrant sur les robots industriels
- Effet sur l'emploi et les salaires négatif, mais d'une magnitude raisonnable, en comparaison des grandes Révolutions industrielles du passé



CONCLUSIONS INTERMÉDIAIRES

- Les auteurs soulignent qu'à l'heure actuelle, il y a relativement peu de robots au sein de l'économie américaine, en comparaison des autres pays développés (Europe)
- Si les robots se répandent dans l'économie au cours des années à venir, l'effet pourrait être plus important. Par exemple, le BCG, dans le scénario le plus « alarmiste », avance que le nombre de robots pourrait quadrupler d'ici 2025 aux Etats-Unis.
- En repartant des estimations précédentes, cette hausse impliquerait :
 - Un impact 0,94 à 1,76 points de pourcentage de baisse de la part de la population employée par rapport à la population totale
 - Un impact négatif sur la croissance des salaires de 1,3% à 2,6% entre 2015 et 2025



CONCLUSIONS INTERMÉDIAIRES

- Toutefois, les auteurs nuancent ces projections en rappelant que les robots ont jusqu'alors touché des secteurs bien particuliers de l'économie et pas l'économie américaine dans son ensemble.
- Le « scénario catastrophe » dans lequel les nouvelles technologies pourraient venir se substituer en totalité au travail humain n'est pas défendu dans cette étude.
- Enfin, l'impact futur sur le travail humain dépendra de la nature de la technologie adoptée :
 - On peut par exemple penser que les robots industriels des 20 dernières années étaient principalement des substituts au travail humain
 - Avec les évolutions des objets connectés, il est possible que les robots puissent également évoluer vers des tâches complémentaires du travail humain et qu'ils aient alors un impact positif sur l'emploi



CROISSANCE, RÉALLOCATION ET DYNAMIQUE DES ENTREPRISES

PHILIPPE AGHION - 2017



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

COURS 5 : AUTOMATISATION ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

PHILIPPE AGHION – 31/10/17



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

PARTIE 2 : ROBOTISATION ET DÉMOGRAPHIE

PHILIPPE AGHION – 31/10/17



**COLLÈGE
DE FRANCE**
— 1530 —

INTRODUCTION

- Dans l'article précédent, on a vu que les niveaux d'adoption de robots entre l'Europe et les Etats-Unis était très différents
- Même si le nombre de robots pour 1000 employés progresse en moyenne dans l'ensemble des pays, ces évolutions sont loin d'être semblables.

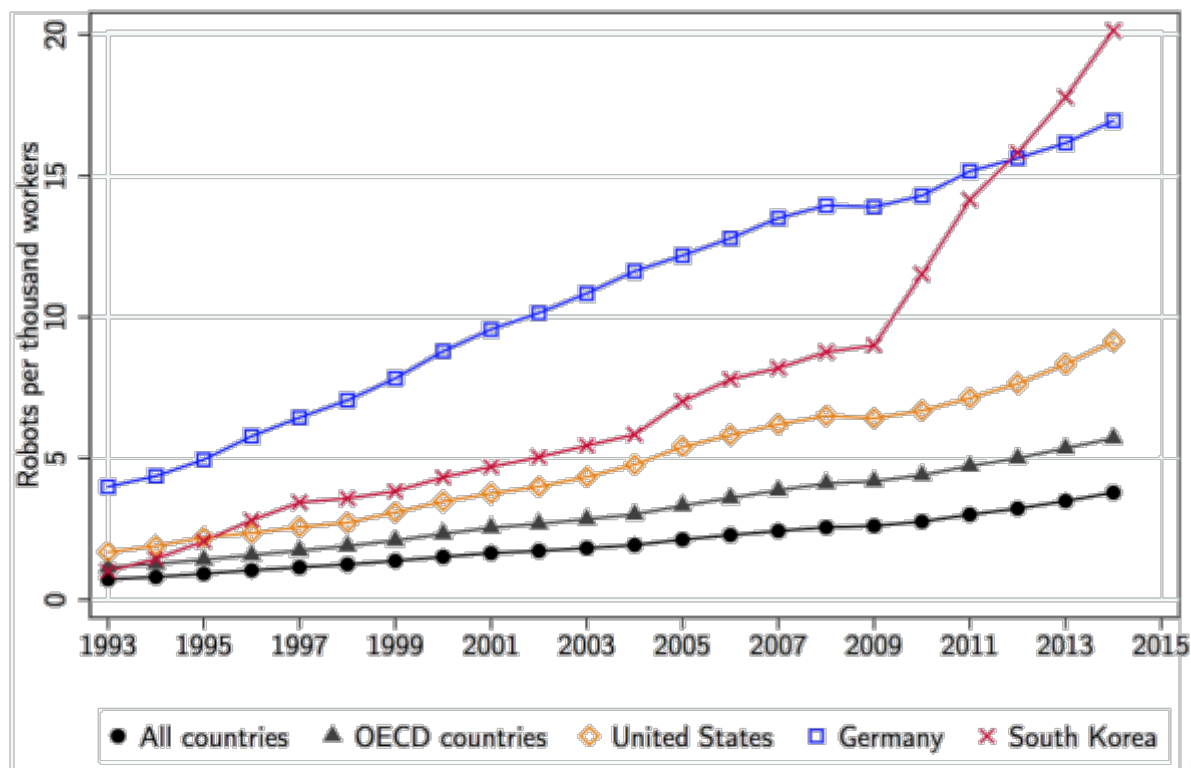


Figure: Worldwide trends in robot adoption from the IFR.



ROBOTISATION ET DÉMOGRAPHIE

- ***Demographics and Robots : The Effect of Aging on Growth and Technology Adoption in the Age of Automation.*** Acemoglu et Restrepo, NBER Working Paper (2017)
- **Question :**
 - Comment expliquer ces différences observées de niveau d'adoption des robots industriels entre pays ?
 - Dans quelle mesure cela peut-il être attribué à des raisons démographiques ?



ROBOTISATION ET DÉMOGRAPHIE

- On peut mettre en parallèle :
 - L'adoption de robots dans un pays (Nombre de robots pour 1000 employés)
 - Le vieillissement de sa population (Ratio Nombre de personnes de plus de 56 ans / Nombre de personnes entre 36 et 55 ans)
- Qu'observe-t-on ?



ROBOTISATION ET DÉMOGRAPHIE

- Les pays dans lesquels le vieillissement de la population a été le plus marqué ont connu une forte robotisation (Allemagne, Corée du Sud)
- Le phénomène de vieillissement moins marqué aux Etats-Unis s'accompagne d'une robotisation de l'économie moins grande.
- Question : Dans quelle mesure le vieillissement de la population est-il un facteur déterminant pour la robotisation ?

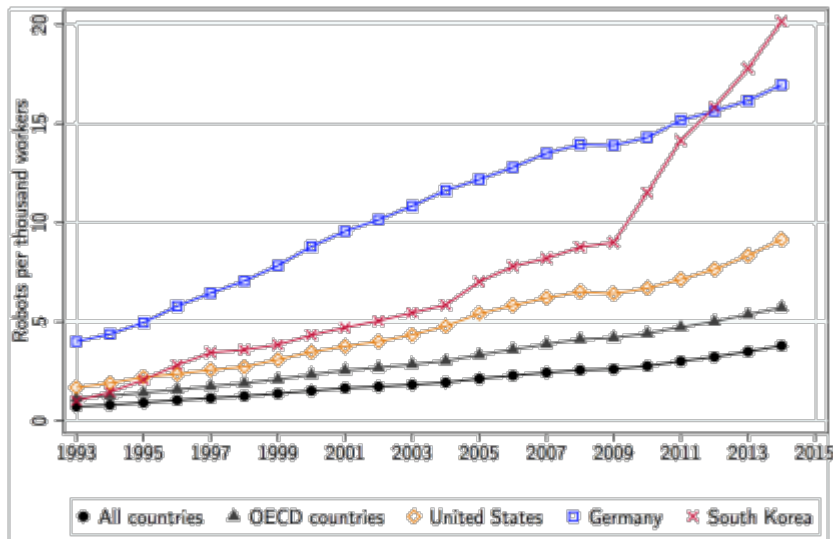


Figure: Worldwide trends in robot adoption from the IFR.

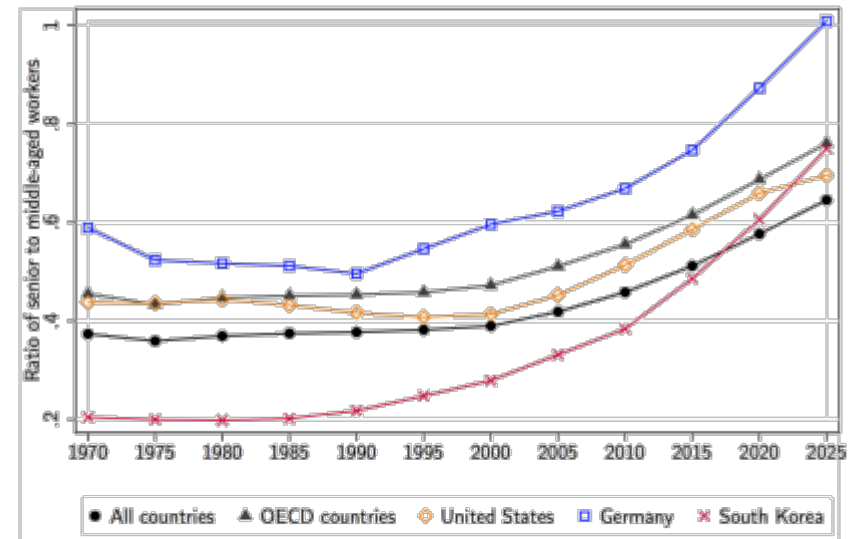


Figure: Aging from 1950 to 2015 and its expected behavior until 2025. Source: United Nations.

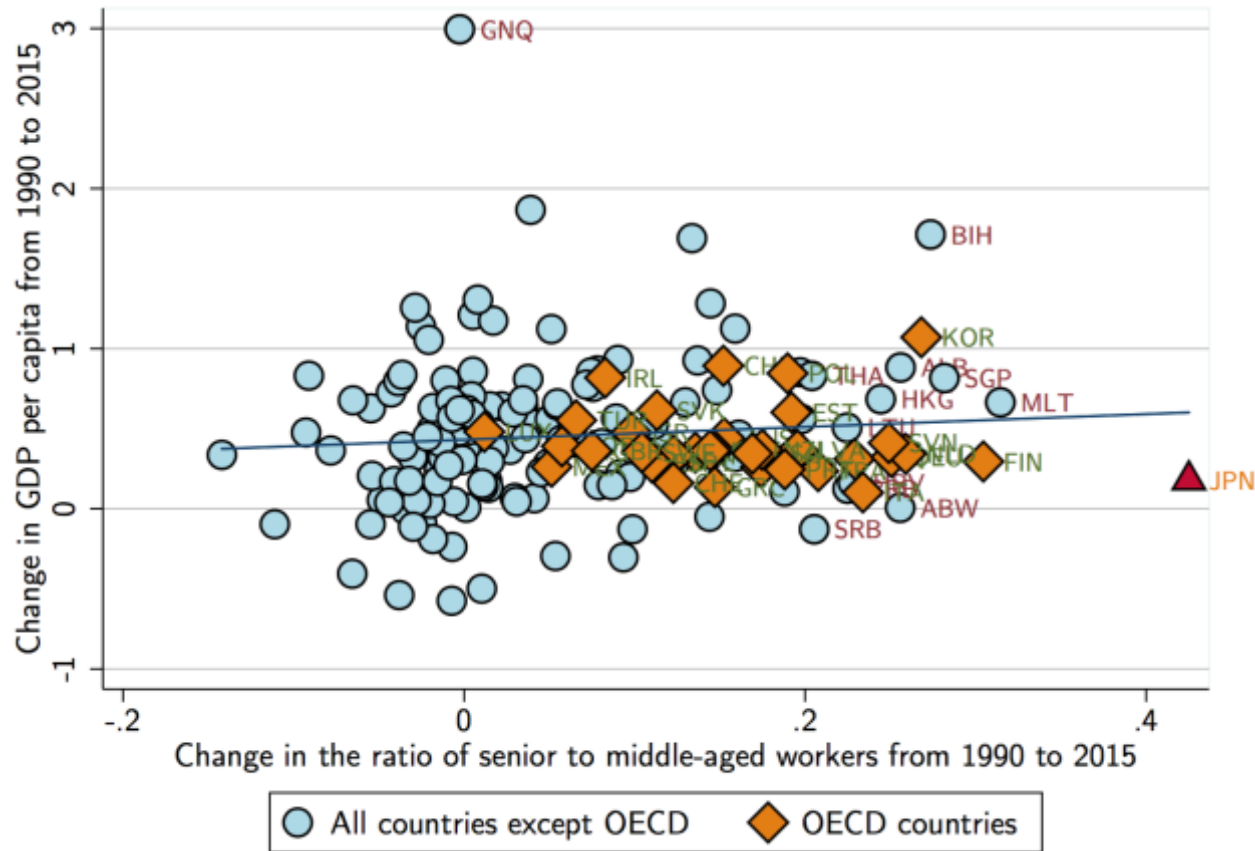


VIEILLISSEMENT ET CROISSANCE

- Avant tout, demandons nous dans quelle mesure une population vieillissante pourrait avoir un impact économique
- Côté demande / *Output gap* :
 - Un excès d'épargne des ménages plus âgés pourrait conduire à une demande globale insuffisante.
- Côté offre / PIB potentiel :
 - Les individus quittent la vie active trop rapidement. Le vieillissement crée alors une pénurie de main-d'œuvre, qui ne permet pas de répondre aux besoins de la population.
- Avec ces deux effets, on s'attend à avoir une relation négative entre vieillissement de la population et croissance du PIB par tête



VIEILLISSEMENT ET CROISSANCE



- Et pourtant on observe une relation légèrement positive !
- Comment l'expliquer ?



RÉPONSE PAR LA TECHNOLOGIE

- Dans les pays dont la population est vieillissante, la part relative de la main-d'œuvre d'âge moyen diminue
- Cela aurait tendance à créer un coût du travail élevé pour les tâches effectuées par cette classe d'âge, car l'offre de travail diminue
- Les entreprises de ces pays compensent cet effet en investissant dans des solutions technologiques, et en particulier dans la robotisation, permettant de remplacer en priorité le travail de la classe d'âge moyenne.
- On aurait alors une relation positive entre vieillissement de la population et robotisation, qui expliquerait que les économies vieillissantes continuent de croître



RÉPONSE PAR LA TECHNOLOGIE

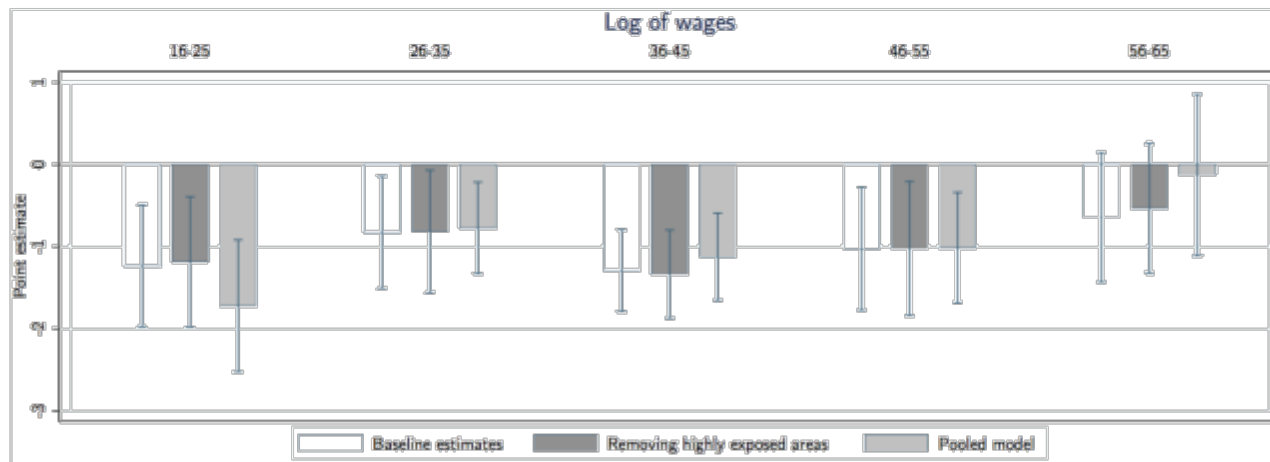
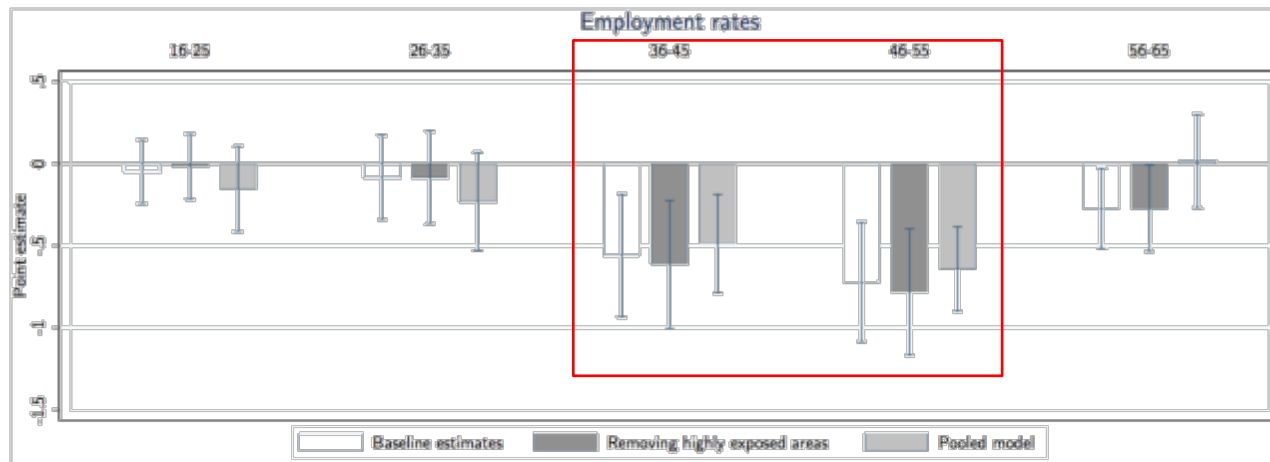


- La courbe noire représente la densité de population employée par âge en 2000. La courbe bleue pointillée représente la densité de population employée par âge dans les secteurs hautement robotisés.
- On observe que la population dans la tranche d'âge moyenne (30-50 ans) est surreprésentée dans les secteurs hautement robotisés
- Cela semble confirmer le fait que le travail effectué par cette tranche d'âge est particulièrement substituable à celui effectué par les robots



IMPACT DIFFÉRENCIÉ PAR ÂGE

- Impact de la robotisation par âge, sur l'emploi et les salaires :
- De nouveau, la substitution semble toucher les tranches d'âges moyennes, en particulier concernant l'emploi



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

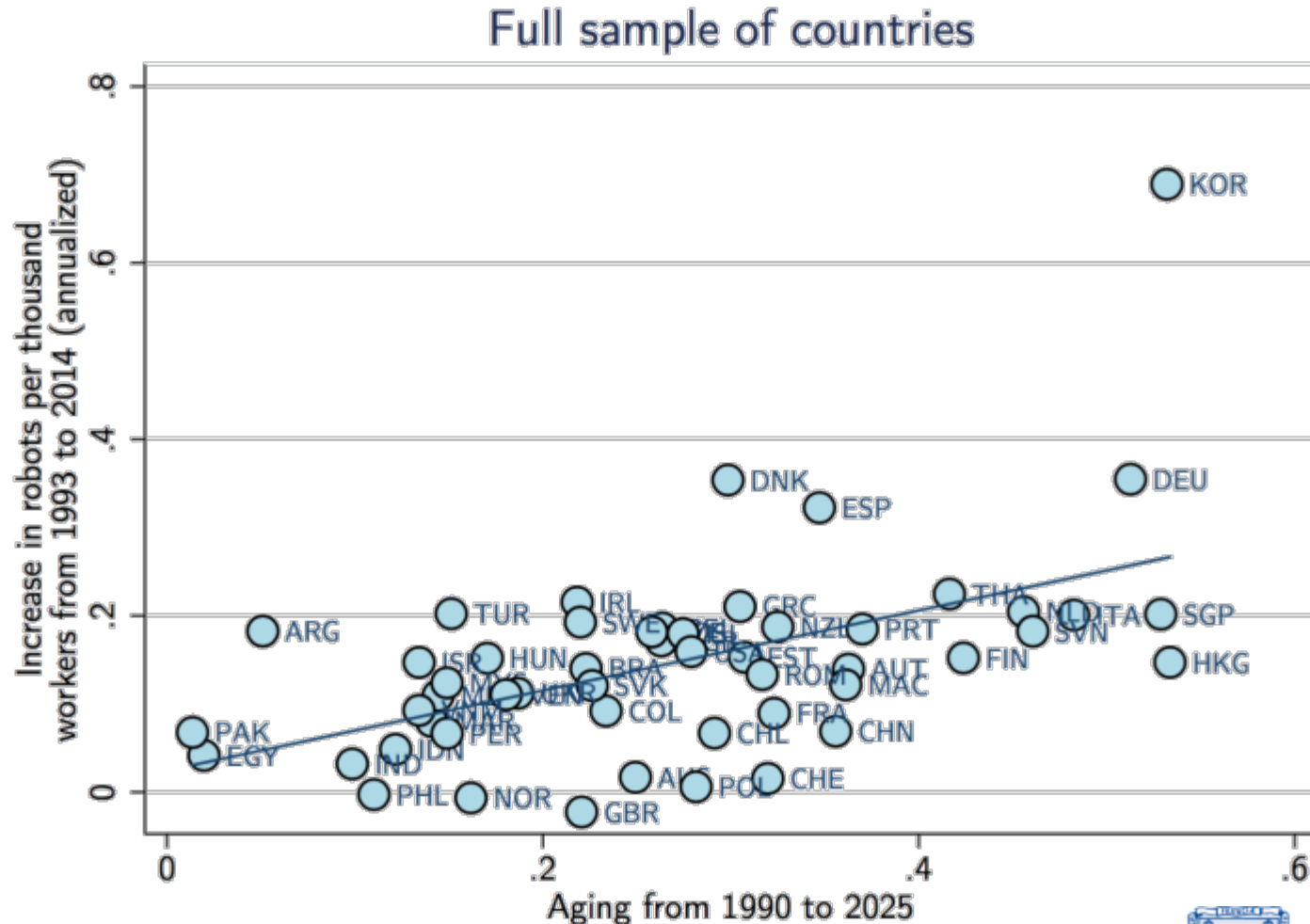
- Pour explorer l'effet causal du vieillissement sur la robotisation, les auteurs reprennent la méthodologie de l'article précédent, en exploitant cette fois la variabilité entre les différents pays
- Ils étudient la relation entre :
 - L'augmentation du nombre de robots pour 1000 personnes employées entre 1993 et 2014
 - L'évolution entre 1990 et 2025 (estimée) du ratio entre nombre d'employés seniors (plus de 56 ans) et nombre d'employés d'âge moyen (21-55 ans)

$$\Delta \frac{R_c}{L_c} = \beta \text{Aging}_c + \Gamma X_{c,1990} + \varepsilon_c,$$



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- On observe bien une relation positive :



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

Table: OLS estimates of aging on the adoption of industrial robots.

	DEPENDENT VARIABLE: CHANGE IN THE STOCK OF INDUSTRIAL ROBOTS PER THOUSAND WORKERS (ANNUALIZED)			
	FULL SAMPLE		OECD SAMPLE	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Aging from 1990 to 2025	0.762*** (0.252)	0.453** (0.194)	1.117*** (0.366)	0.667** (0.240)
Log of the GDP per capita in 1990		-0.011 (0.030)		-0.018 (0.054)
Robots per thousand workers in 1993		0.047** (0.023)		0.062** (0.024)
Observations	52	52	30	30
R-squared	0.43	0.71	0.38	0.67
<i>Covariates included:</i>				
Country covariates		✓		✓

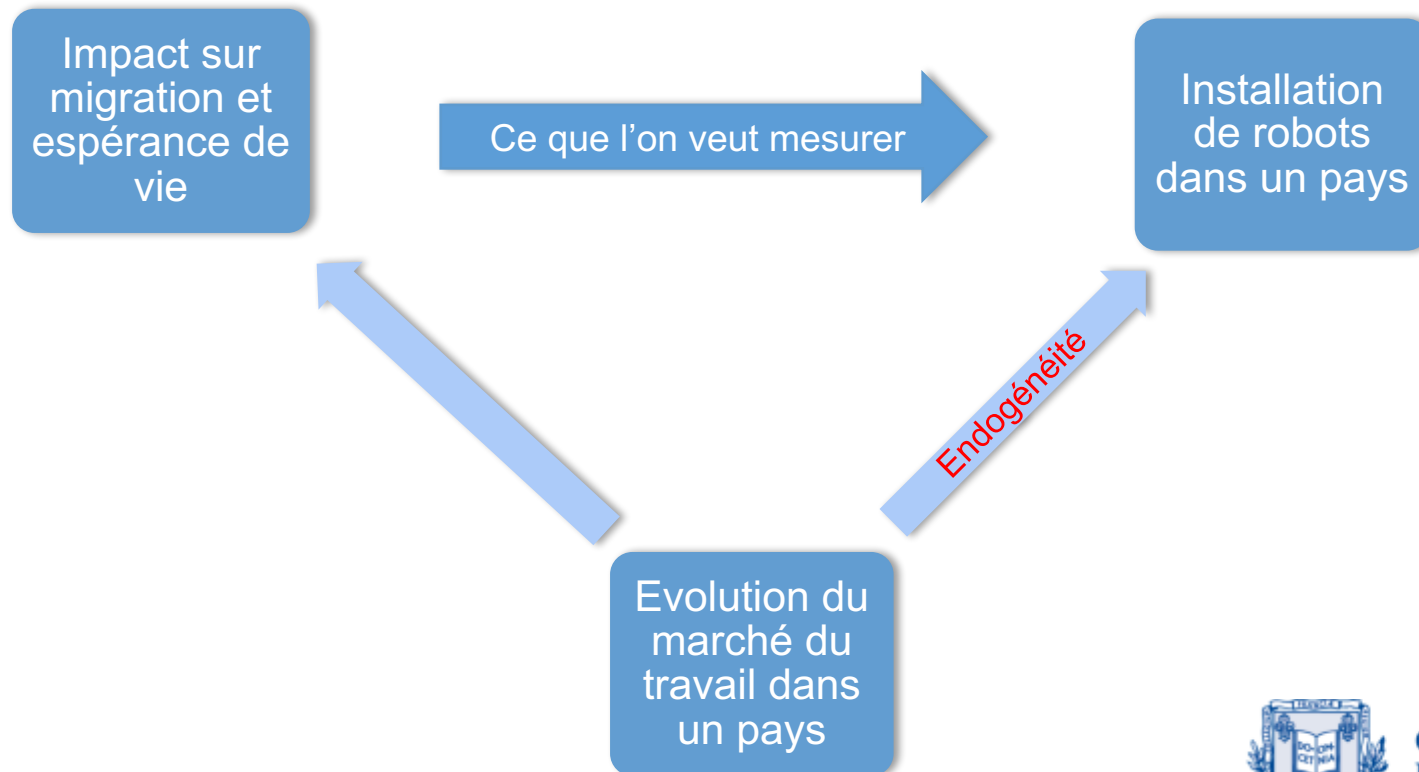
► Covariates: regions, log GDP, log population, average schooling and age composition in 1990, and initial robot density in 1993.

- Effet positif du vieillissement sur la robotisation
- Quantitativement, les différences de vieillissement de population pourraient expliquer jusqu'à 1/3 de l'écart de robotisation entre Etats-Unis et Allemagne



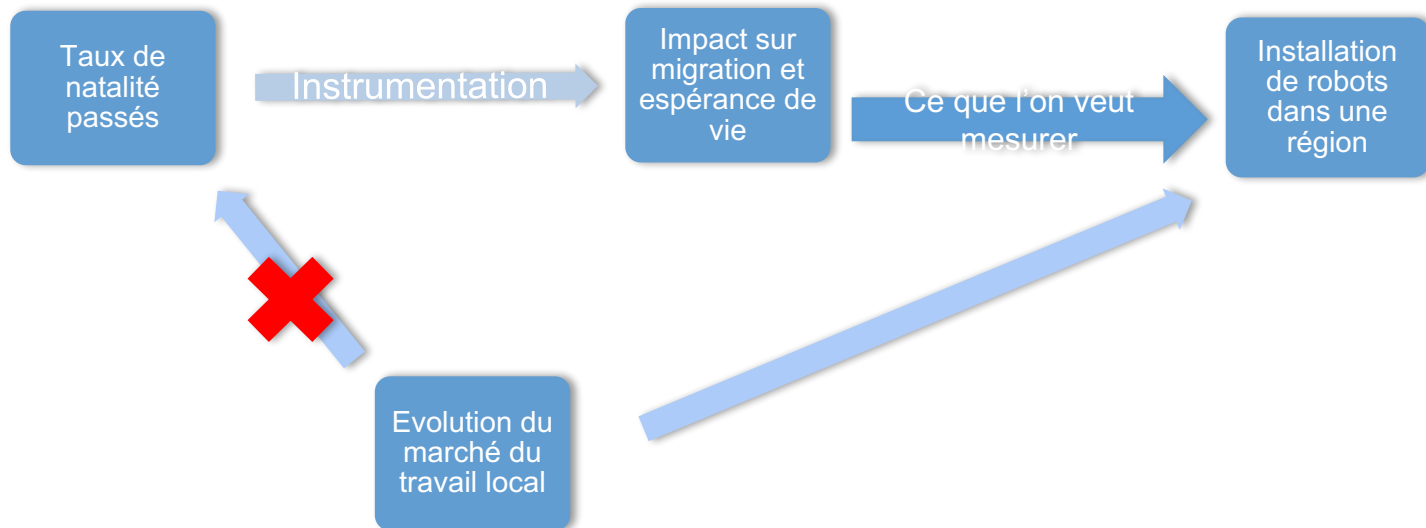
ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- Source potentielle d'endogénéité : Les évolutions/problèmes rencontrés sur le marché du travail dans un pays donné peuvent également inciter les gens à déménager ou réduire leur espérance de vie.



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- Afin de supprimer cette source d'endogénéité, les auteurs utilisent comme **instrument** les taux de natalité nationaux moyens par tranche de cinq ans, de 1950-1954 à 1980-1984.
- Ces taux de natalité ne sont pas causés par les circonstances économiques futures sur le marché du travail dans un pays donné, et ils expliquent une large part de l'évolution démographique, ils constituent donc un bon instrument



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- L'effet reste presque le même, on a donc bien un impact positif du vieillissement de la population sur l'adoption de robots :

	DEPENDENT VARIABLE: CHANGE IN THE STOCK OF INDUSTRIAL ROBOTS PER THOUSAND WORKERS (ANNUALIZED)			
	FULL SAMPLE		OECD SAMPLE	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Aging from 1990 to 2025	0.803*** (0.264)	0.516*** (0.171)	1.576*** (0.473)	0.807*** (0.271)
Log of the GDP per capita in 1990		-0.015 (0.027)		-0.016 (0.048)
Robots per thousand workers in 1993		0.046** (0.020)		0.058** (0.023)
Observations	52	52	30	30
Instruments F-stat	23.13	13.67	7.66	8.12
Overid p-value	0.79	0.10	0.75	0.34
<i>Covariates included:</i>				
Country covariates		✓		✓



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- On pourrait également imaginer un *retard (lag)* entre le vieillissement d'une population et l'adoption de robots
- Empiriquement, on n'observe pas d'effet significatif :

	DEPENDENT VARIABLE: CHANGE IN THE STOCK OF INDUSTRIAL ROBOTS PER THOUSAND WORKERS (ANNUALIZED)			
	FULL SAMPLE		OECD SAMPLE	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Aging from 1950 to 1990	-0.004 (0.265)	0.187 (0.224)	-0.357 (0.587)	0.097 (0.344)
Observations	52	52	30	30
R-squared	0.21	0.65	0.02	0.56
<i>Covariates included:</i>				
Country covariates		✓		✓

- Le vieillissement de la population a donc un effet immédiat sur l'adoption de robots dans l'économie, pas d'effet retardé



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- Autres variables susceptibles de décrire l'adoption de robots dans l'économie afin de confirmer l'effet du vieillissement sur l'introduction de robots.
- Les auteurs vont étudier l'évolution de la part d'imports de différents types d'appareils robotiques relativement aux imports de biens intermédiaires totaux dans un pays donné, entre 1990 et 2016 :

$$\ln \frac{\text{Imports of machinery}_c}{\text{Total imports of intermediates}_c} = \beta \text{Aging}_c + \Gamma X_{c,1990} + \varepsilon_c,$$



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- Effet du vieillissement sur la part des imports de robots industriels

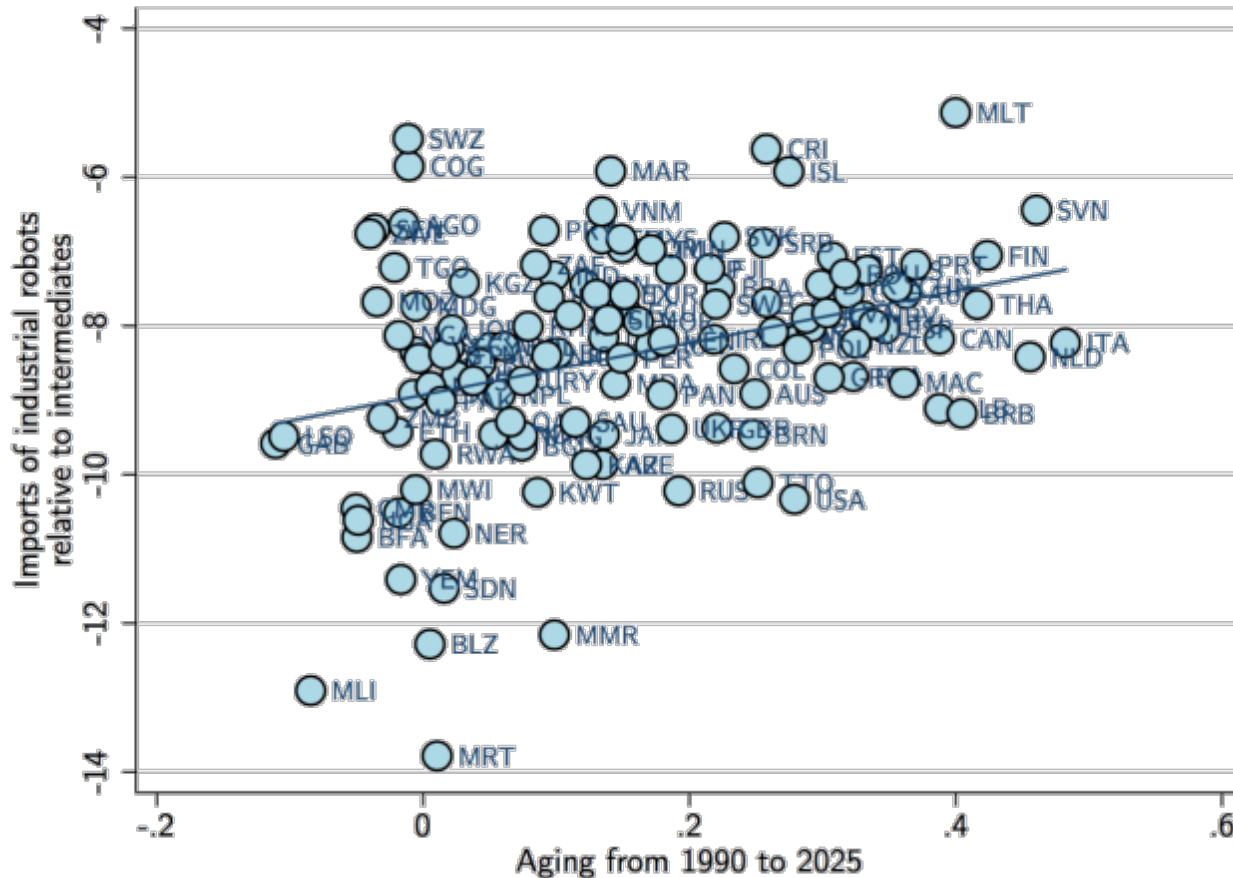


Figure: Relationship between aging and the log of imports of industrial robots from 1990 to 2016 (relative to total imports of intermediates).



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- On observe un effet positif et significatif pour la régression OLS
- Pour la régression IV, significatif sauf pour les distributeurs automatiques

	DEPENDENT VARIABLE: IMPORT SHARE FROM 1990 TO 2016			
	Industrial robots (1)	Numerically controlled machines (2)	Weaving and Knitting machines (3)	Vending machines and ATMS (4)
Panel A. OLS estimates				
Aging from 1990 to 2025	3.492** (1.342)	2.296*** (0.756)	3.042* (1.668)	2.442*** (0.716)
Observations	125	130	131	129
R-squared	0.55	0.64	0.36	0.50
Panel B. IV estimates				
Aging from 1990 to 2025	4.656** (2.139)	1.726* (0.968)	5.087* (2.942)	1.870 (1.393)
Observations	125	130	131	129
Instruments F-stat	16.70	15.79	16.49	16.32
Overid p-value	0.76	0.25	0.74	0.47
<i>Other covariates included:</i>				
Country covariates in 1990	✓	✓	✓	✓



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- Au niveau des pays, on a observé une relation positive entre vieillissement de la population et adoption de robots, avec deux façons de mesurer le degré d'adoption de robots :
 - Evolution du nombre de robots pour 1000 personnes employées
 - Part d'imports de différents types d'appareils robotiques relativement aux imports de biens intermédiaires totaux
- Les auteurs vont maintenant se concentrer sur le lien entre vieillissement de la population et adoption de robots au sein des zones d'emploi aux Etats-Unis



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT AU NIVEAU LOCAL

- Ils utilisent le nombre d'entreprises installant et programmant des robots (Leigh and Kraft, 2016) par zone d'emploi comme proxy permettant de décrire l'importance de l'adoption de robots :

$$\ln(1 + \text{Integrators}_z) = \beta \text{Aging}_z + \Gamma X_{z,1990} + v_z$$

- Ils font une régression OLS simple, puis une régression IV avec le même instrument que celui utilisé précédemment, les taux de natalité locaux moyens par zone d'emploi avant 1990.



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT AU NIVEAU LOCAL

	OLS ESTIMATES	IV USING COHORT SIZES IN 1990	IV USING COHORT SIZES FROM 1950 TO 1990
	(1)	(2)	(3)
Aging from 1990 to 2015	-0.453 (0.310)	4.017** (1.645)	1.946* (1.062)
Exposure to robots measure	0.112*** (0.030)	0.067** (0.031)	0.088*** (0.028)
Observations	722	722	722
R-squared	0.61	0.43	0.56
Instruments F-stat		17.83	5.35
Overid p-value			0.60
<i>Other covariates included:</i>			
Commuting zone covariates	✓	✓	✓

- La régression OLS simple donne un effet négatif non significatif.
- Mais les caractéristiques démographiques de la population d'une zone d'emploi donnée sont fortement corrélées avec l'évolution économique locale : toujours le même problème d'endogénéité



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT AU NIVEAU LOCAL

	OLS ESTIMATES	IV USING COHORT SIZES IN 1990	IV USING COHORT SIZES FROM 1950 TO 1990
	(1)	(2)	(3)
Aging from 1990 to 2015	-0.453 (0.310)	4.017** (1.645)	1.946* (1.062)
Exposure to robots measure	0.112*** (0.030)	0.067** (0.031)	0.088*** (0.028)
Observations	722	722	722
R-squared	0.61	0.43	0.56
Instruments F-stat		17.83	5.35
Overid p-value			0.60
<i>Other covariates included:</i>			
Commuting zone covariates	✓	✓	✓

- On utilise comme instrument le nombre d'enfants de 0 à 5 ans et de 6 à 10 ans par zone d'emploi, en 1990 (colonne 2) ou de 1950 à 1990 (colonne 3)
- Dans ce cas, on retrouve bien un effet positif du vieillissement de la population sur la robotisation, **cette fois-ci au niveau local**, dans un pays donné



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT AU NIVEAU LOCAL

- Régression avec instrument graphiquement :

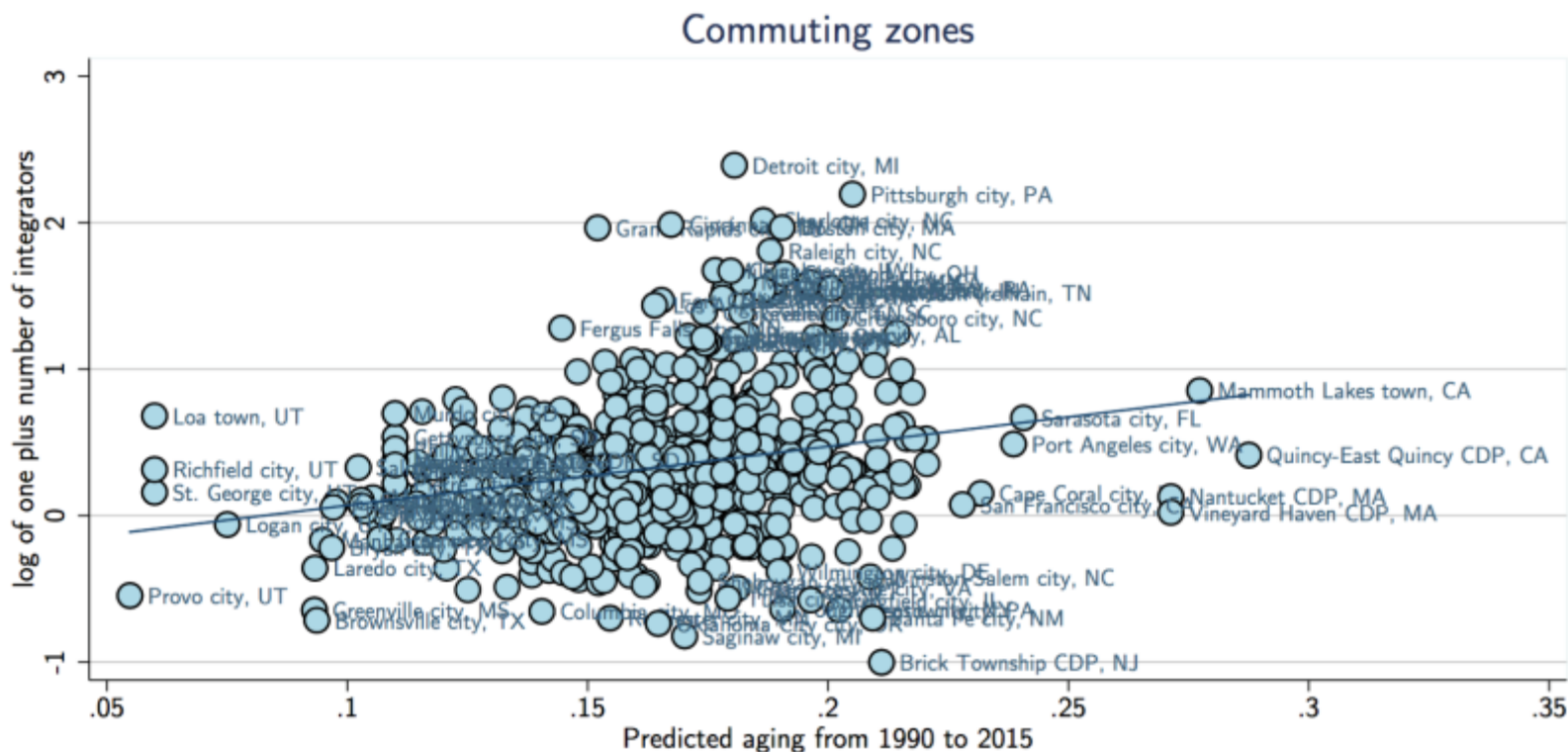


Figure: Visual IV plot of the relationship between predicted aging (instrumented using the age composition of a commuting zone in 1990) and the location of robot integrators in the US (from Leigh and Kraft, 2016).



ROBOTISATION ET VIEILLISSEMENT

- On a bien observé la **relation positive entre vieillissement de la population et adoption de robots**
 - A la fois au **niveau d'un pays**
 - Mais aussi **au niveau local** dans un pays
- Pour expliquer ce phénomène, l'intuition des auteurs est que l'adoption de robots devait être davantage prononcée pour les secteurs dans lesquels la part de la main-d'œuvre d'âge moyen est plus importante, pour compenser le vieillissement de la population
- Est-ce bien la cause sous-jacente ?



CAUSES SOUS-JACENTES

- Pour étudier cet effet, ils reviennent aux comparaisons entre pays, mais en séparant les secteurs au sein des pays :

$$IR_{i,c,t} = \beta_R \text{Aging}_c \times \text{Reliance on Middle-Aged Workers}_i + \beta_O \text{Aging}_c \times \text{Opportunities for Automation}_i + \Gamma_{i,t} X_{c,1990} + \rho_c + \alpha_i + \delta_t + \varepsilon_{i,c,t},$$

- IR représente le nombre de robots pour 1000 employés dans une industrie i dans un pays c pour une année t
- *Reliance on Middle-Aged Workers* représente la part d'employés d'âge moyen dans un secteur i en 1990
- *Opportunities for Automation* est un indice de substituabilité entre humains et robots dans un secteur i (Graetz and Michaels, 2015)



CAUSES SOUS-JACENTES

	DEPENDENT VARIABLE: INSTALLATION OF ROBOTS IN COUNTRY-INDUSTRY PAIRS PER YEAR		
	(1)	(2)	(3)
Aging × opportunities for automation	7.862*** (2.434)		7.283*** (2.232)
Aging × reliance on middle-aged		0.640*** (0.221)	0.367*** (0.139)
Observations	5928	5928	5928
Countries in sample	22	22	22
Instruments F-stat	16.05	13.63	15.35
Overid p-value	0.02	0.02	0.16
<i>Covariates included:</i>			
Country, industry and year fixed effects	✓	✓	✓
Country covariates in 1990	✓	✓	✓

- Conformément à l'intuition, on observe que le (i) degré de substituabilité homme/machine et (ii) l'importance de la part de la main-d'œuvre d'âge moyen impactent positivement l'adoption de robots dans une société vieillissante



IMPACT SUR LA PRODUCTIVITÉ

- Enfin, on regarde l'impact de cette automatisation différenciée par secteur sur la productivité sectorielle :

$$\Delta \ln VA_{i,c} = \beta_R \text{Aging}_c \times \text{Reliance on Middle-Aged Workers}_i + \beta_O \text{Aging}_c \times \text{Opportunities for Automation}_i + \Gamma_i X_{c,1995} + \rho_c + \alpha_i + \varepsilon_{i,c},$$

- $\Delta \ln VA$ représente la variation du logarithme de la valeur ajoutée par employé dans un secteur i et un pays c entre 1995 et 2007.



IMPACT SUR LA PRODUCTIVITÉ

DEPENDENT VARIABLE: CHANGE IN
VALUE-ADDED PER WORKER FROM 1995 TO 2007

(1) (2) (3)

Aging × opportunities for automation	2.362* (1.346)		4.149*** (1.007)
Aging × reliance on middle-aged		-0.478 (0.340)	-0.597* (0.326)
Observations	418	418	418
Countries in sample	22	22	22
Instruments F-stat	7.63	15.83	6.16
Overid p-value	0.09	0.44	0.55
<i>Covariates included:</i>			
Country and industry fixed effects	✓	✓	✓
Country covariates in 1990	✓	✓	✓

- Dans une société vieillissante, les secteurs dans lesquels on peut facilement substituer un robot à un individu connaissent des gains de productivité du travail, ce qui permet de soutenir la croissance
- Cela explique donc la relation positive entre vieillissement de la population et croissance du PIB par tête présentée au début



CONCLUSIONS

- Lorsque l'on considère l'impact du vieillissement de la population sur l'économie, il est important de tenir compte de la façon dont ce vieillissement affecte la direction du changement technologique
- En particulier dans la mesure où les sociétés vieillissantes sont davantage incitées à automatiser leurs industries en réponse à la pénurie de main d'œuvre d'âge moyen
- Cela permet de soutenir la croissance, même dans une société vieillissante (Allemagne)



Innovation, Firms and Wage Inequality

Philippe Aghion (College de France and LSE)
Antonin Bergeaud (Banque de France and PSE)
Richard Blundell (UCL and IFS)
Rachel Griffith (IFS and U of Manchester)

July 2017

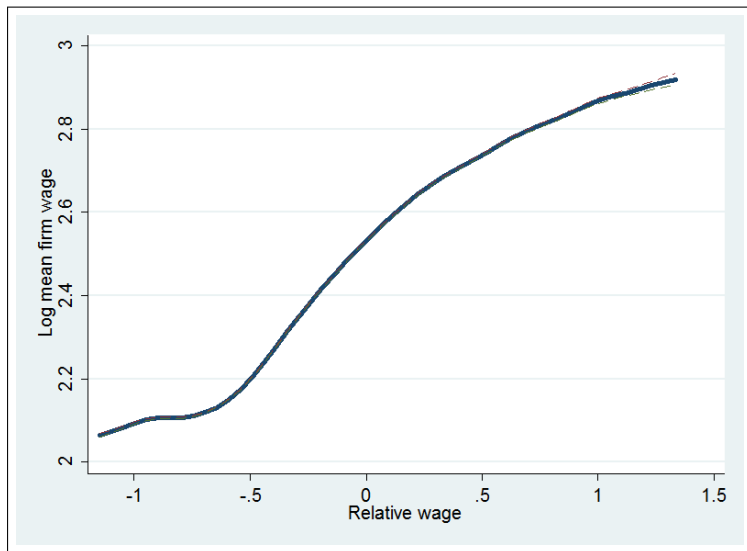
Motivation

- This paper results from an unexpected fact we found in the data.
- At first we started with the view of combining findings of Aghion et al. (2015) that more innovation generates inequality and the findings of Song et al. (2017) that wage inequality is mostly driven by between firms variance.
- We thus looked at whether innovative firms pay higher wages.

Background

- Rising inequalities have been driven by differences in wage between firms in many countries:
 - ▶ **US**: Barth et al. (2014); Song et al. (2017)
 - ▶ **Germany**: Baumgarten (2013); Card et al. (2013)
 - ▶ **Italy**: Card et al. (2014)
 - ▶ **UK**: Faggio et al. (2010)
 - ▶ **Sweden**: Hakanson et al. (2015)
 - ▶ etc...

Relative wages higher for workers in “good” firms



Our contribution

- We document that innovation is one (important) driver of between-firm differences in wages
 - ▶ using matched employer-employee data for the UK we show that workers in R&D firms get a higher wage (conditional on observables).

Our contribution

- We document that innovation is one (important) driver of between-firm differences in wages
 - ▶ using matched employer-employee data for the UK we show that workers in R&D firms get a higher wage (conditional on observables).
- Somewhat surprisingly, this premium is particularly high for workers in **low-skilled occupations**.

Our contribution

- We document that innovation is one (important) driver of between-firm differences in wages
 - ▶ using matched employer-employee data for the UK we show that workers in R&D firms get a higher wage (conditional on observables).
- Somewhat surprisingly, this premium is particularly high for workers in **low-skilled occupations**.
- We develop a model where innovative firms exhibit higher complementarity between high and low skill workers.
 - ▶ the model captures the idea that low-skilled workers can have a potentially more damaging effect on the firm's value if the firm is more technologically advanced.
 - ▶ show additional empirical support for the model.

Literature

- **Role of the firm:** Abowd et al. (1999); Barth et al. (2014); Song et al. (2017); Card et al. (2016);
- **Skill bias technical change:** Acemoglu (2002); Goldin and Katz (2010); Acemoglu and Autor (2011)
- **Innovation and inequality:** Bell et al. (2016); Aghion et al. (2015); Akcigit et al. (2017);

Plan

- 1 Motivation
- 2 Innovation and wage
- 3 Innovation and wage by skill groups
- 4 Model
- 5 Confronting the model to the data
- 6 Conclusion

Plan

- 1 Motivation
- 2 Innovation and wage**
- 3 Innovation and wage by skill groups
- 4 Model
- 5 Confronting the model to the data
- 6 Conclusion

Data

- Data for the UK 2004 - 2014
- Wages
 - ▶ Annual Survey of Hours and Earning (ASHE)
 - ▶ 1% sample of UK based workers (based on National Insurance number)
 - ▶ panel data - we observe the same individual over a long time
 - ▶ information on labour income *including bonuses*
- Research and Development (R&D) expenditure
 - ▶ Business Enterprise Research and Development (BERD)
 - ▶ census of firms with 400+ employees, below that random stratified sample
- Results today for private firms with 400+ employees
 - ▶ sample includes around 150,000 employees, working in 6,300 firms
 - ▶ accounts for around 70% of R&D
 - ▶ we show robustness to other samples

ASHE and wages

- ASHE includes detailed information on labour income and hours worked, we use hourly wages including bonuses and incentive pay
- ASHE also records gender, age, tenure in firm, firm and occupation
- we do not have individual level data on education, skills, etc.; we use a classification of occupations based on the National Qualification Framework (NQF); used to determine UK immigration rules

Low skill, no formal qualifications necessary

Skill cat 1 process plant operative, basic clerical, cleaning, security

Skill cat 2 drivers, specialist plant operative or technician, sales

Intermediate skill, typically requires A-level or some qualification

Skill cat 3 trades, specialist clerical, associate professionals

Skill cat 4 medical or IT technicians, some managerial occupations

High skills, typically required first or higher degree

Skill cat 5 most managerial and executive occupations, engineers

Skill cat 6 scientists, R&D manager, other professions

Pay by skill categories

Occupation	Hourly pay	% incentive pay	% overtime	Annual earnings
Low skill				
Skill cat 1	8.58	2.59	5.66	13,659
Skill cat 2	11.54	2.23	5.45	21,948
Intermediate skill				
Skill cat 3	13.52	5.23	3.61	25,840
Skill cat 4	16.83	5.23	2.19	32,904
High skill				
Skill cat 5	25.45	7.67	1.46	53,978
Skill cat 6	22.25	6.24	1.10	43,542

How much of inequality do these measures capture?

- OECD data on the ratio of the average income (including taxes, benefits, etc.) of the 10% highest paid workers to the 10% lowest paid is
 - ▶ the top are paid 11 times the bottom in the UK
 - ▶ 19 in the US, 7 in France and Germany and 6 in Scandinavia
- If we take all of ASHE the 90/10 ratio of wages is 6.17
- If we take our sample of large firms the 90/10 ratio of wages is 6.00

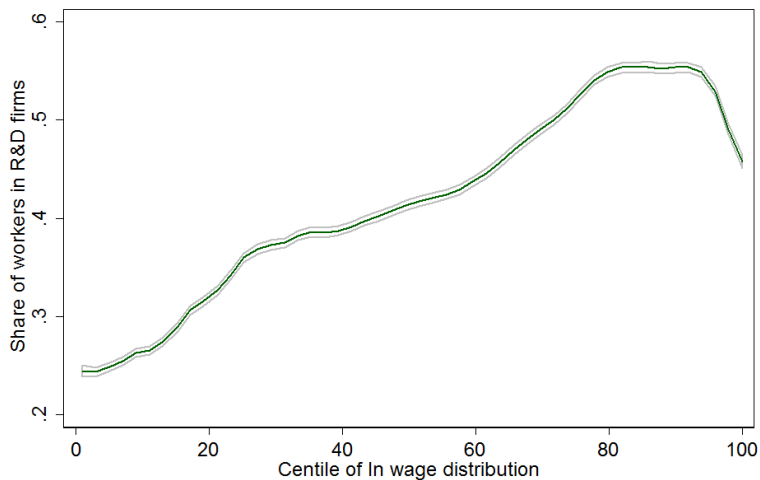
Measure of innovation intensity

- Expenditures on research
 - ▶ at the **firm** – not enterprise – level
 - ▶ includes both intramural and extramural R&D expenditures
 - ▶ we use R&D intensity, so we divided by employment

$$\ln \text{ RD intensity} = \ln \left(1 + \frac{RDexp}{Emp} \right)$$

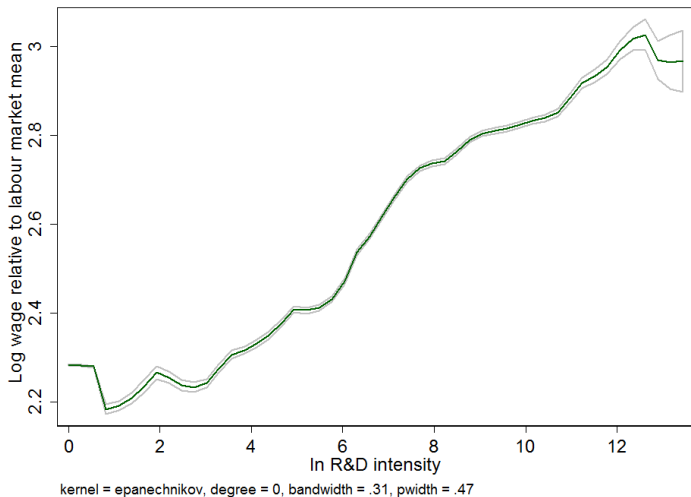
- We also use
 $RD = 1$ if a firm ever reports doing R&D
- 1/3 of the firms have $RD = 1$

Higher paid workers more likely to work in R&D firm

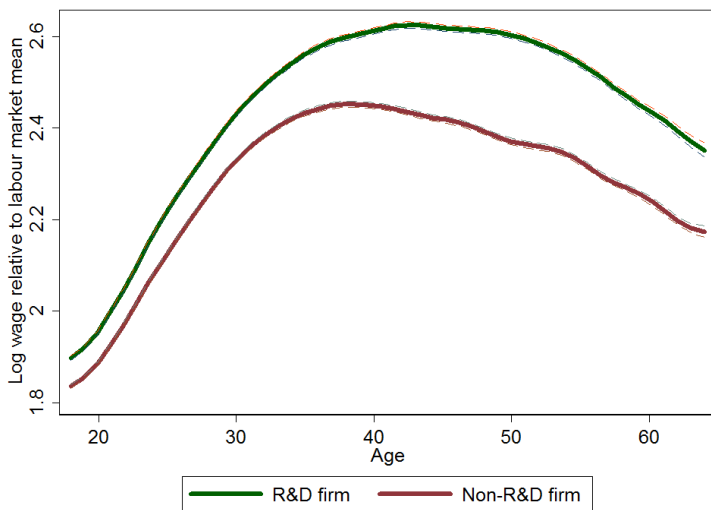


Workers in R&D firms are paid higher wages

conditional on labour market mean wage



Workers in R&D firms are paid higher wages at all ages conditional on labour market mean wage



The effect of innovation on wages

- A correlation between innovation and wages could reflect many things
 - ▶ innovative firms hire more males workers, more experienced workers and more full-time workers.

	R&D firms	Non-R&D firms
Firm employment	2,828	2,221
Share male (%)	68	57
Share full-time (%)	90	76
Age of worker	40.5	38.1
Tenure of worker	8.9	5.7

- To control for these we estimate

$$\ln(w)_{ijkft} = \beta_1 \ln \text{R\&D intensity}_{ft} + \text{controls} + \epsilon_{ijkft}$$

i : individual j : occupation k : labour market f : firm t : year

Dependent variable: $\ln(w_{ijkft})$				
	(1)	(2)	(3)	(4)
ln RD int_{ft}	0.028*** (0.000)	0.016*** (0.000)	0.006*** (0.000)	0.001*** (0.000)
<i>Age_{it}</i>	0.059*** (0.001)	0.034*** (0.000)		0.045*** (0.001)
<i>Age_{it}²</i>	-0.001*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)
<i>Tenure_{ift}</i>	0.023*** (0.000)	0.015*** (0.000)	0.008*** (0.000)	0.016*** (0.000)
<i>Tenure_{ift}²</i>	-0.00028*** (0.00001)	-0.00022*** (0.00001)	-0.00009*** (0.00001)	-0.00019*** (0.00001)
<i>ln(emp)_{ft}</i>	-0.031*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.007*** (0.001)	-0.025*** (0.003)
<i>Male_i</i>	0.161*** (0.003)	0.146*** (0.002)		0.159*** (0.003)
<i>Full-time_{ift}</i>	0.247*** (0.002)	0.071*** (0.002)	-0.001 (0.002)	0.143*** (0.002)
FE	(k,t)	(k,j,t)	i+t	f+t
<i>R</i> ²	0.386	0.623	0.888	0.561
N	572,791	572,791	572,791	572,791

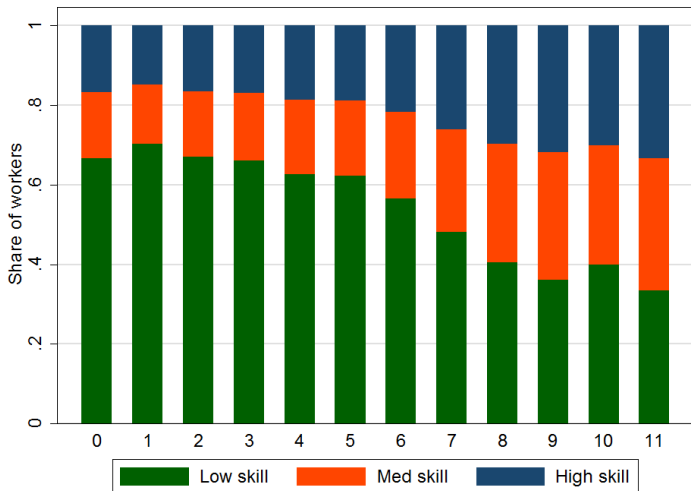
i: individual *j*: occupation *k*: labour market *f*: firm *t*: year

Plan

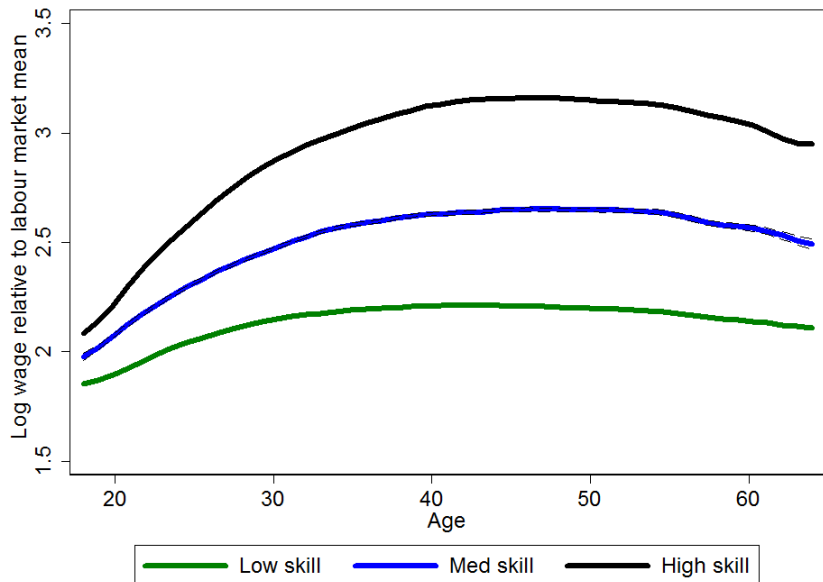
- 1 Motivation
- 2 Innovation and wage
- 3 Innovation and wage by skill groups**
- 4 Model
- 5 Confronting the model to the data
- 6 Conclusion

Employment, by (occupation) skill and (firm) R&D

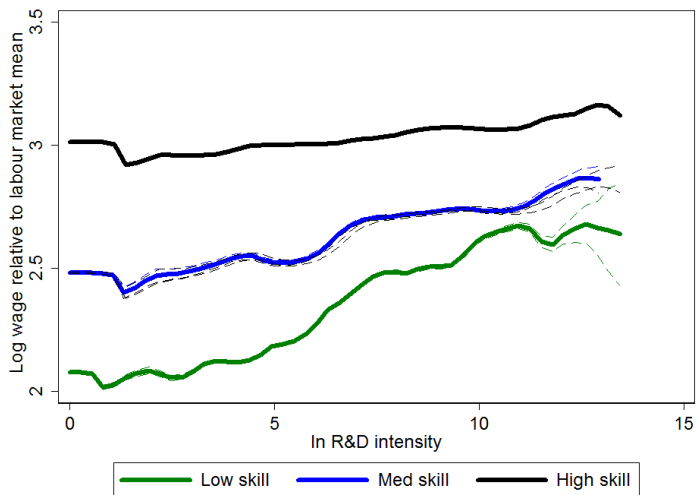
R&D firms employ more skilled workers



Workers in high-skill occupations are paid more at all ages



The wage premium from working in a high-R&D firm is higher for workers in low-skilled occupations



Occupation	low skill	med skill	high skill	All
$\ln R \& D_{it}$	0.008*** (0.000)	0.002*** (0.001)	0.000 (0.000)	0.002*** (0.000)
* <i>lowskill</i> _j				0.006*** (0.000)
* <i>medskill</i> _j				0.002*** (0.000)
Age_{it}^2	-0.000*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)
$Tenure_{ift}$	0.009*** (0.000)	0.006*** (0.001)	0.000 (0.000)	0.007*** (0.000)
$Tenure_{ift}^2$	-0.00012*** (0.00001)	-0.00009*** (0.00001)	0.00003** (0.00001)	-0.00009*** (0.00001)
$Firmemp_{ft}$	-0.005*** (0.000)	0.003* (0.002)	0.005*** (0.001)	-0.006*** (0.000)
$Full-time_{ift}$	-0.014*** (0.001)	-0.097*** (0.004)	-0.117*** (0.005)	-0.008*** (0.001)
FE	i+t	i+t	i+t	i+t
N	371,815	95,473	105,482	572,786
R ²	0.777	0.850	0.885	0.890

Economic significance

- R&D intensity has standard deviation of around 3
- Moving up one standard deviation in the ln R&D intensity distribution leads to an increase in wages of around 2.3% for workers in low-skilled occupations. And has no significant effect for high skill workers.

Robustness

Tables

- These regression results are robust to a number of alternative specifications:
 - 1 Different functional form of R&D
 - 2 Keeping only innovative firms
 - 3 Additive fixed effects (i+f+t)
 - 4 Removing the financial sector
 - 5 Using different measures of income
 - 6 Other measure of skill
 - 7 Restricting to non moving workers
 - 8 etc.

Plan

- 1 Motivation
- 2 Innovation and wage
- 3 Innovation and wage by skill groups
- 4 Model**
- 5 Confronting the model to the data
- 6 Conclusion

Model intuition

- What explains the stronger effect of innovation on wage for workers in low-skill occupations?
 - ▶ we built a model in which there is complementarity between (some) workers in low and high-skill occupations
 - ▶ the skills of workers in high-skilled occupations are less firm-specific
 - ▶ this provides workers in (complementary) low-skilled occupations bargaining power.

Model Setup

- 2 workers
 - ▶ high skill with quality Q
 - ▶ low skill with quality q
- Partial O'Ring production function (Kremer, 1993)

$$F(Q, q, \lambda) = \theta [\lambda Qq + (1 - \lambda)(Q + q)]$$

- λ : complementarity of the firm's structure
 - ▶ $\lambda = 0$ there is pure substitutability between workers in low and high-skilled occupations and no complementarity
 - ▶ $\lambda = 1$ workers in low and high-skilled occupations are always complementary
- Innovative firms exhibit higher complementarity
 - ▶ (Garicano, 2000; Garicano and Rossi-Hansberg, 2006; Caroli and Van Reenen, 2001; and Bloom et al., 2014)
 - ▶ And evidence below.

Wage negotiation

- The firm engages in separate wage negotiation with each worker
 - ▶ yields equilibrium wages: $w^L(q, Q, \lambda)$, $w^H(q, Q, \lambda)$
- If negotiations fail the firm hires a substitute
 - ▶ quality q_L at wage w_L , or Q_L at w_H
 - ▶ we assume $Q > Q_L > q > q_L > 1$
- We assume $Q - Q_L < q - q_L$
 - ▶ e.g. because of less asymmetry of information
- Wage are then determine by Nash bargaining with outside option for the low and high skill workers \bar{w}^L and \bar{w}^H , respectively.

Equilibrium wage for workers in low-skill occupations

- The firm's net surplus from employing the worker is:

$$S^F = \theta [\lambda Q + (1 - \lambda)] (q - q_L) - w^L(Q, q, \lambda) + w_L$$

- The worker's net surplus is equal to:

$$S^{LS} = w^L(Q, q, \lambda) - \bar{w}^L$$

- Assume that the fraction β^L of the firm's net surplus goes to the worker, i.e. $S^{LS} = \beta^L S^F$, then we obtain:

$$w^L(Q, q, \lambda) = \frac{\theta \beta^L}{(1 + \beta^L)} (q - q_L) (\lambda(Q - 1) + 1) + \frac{w_L \beta^L + \bar{w}^L}{(1 + \beta^L)}$$

Equilibrium wage for workers in high-skill occupations

- Similarly we obtain the equilibrium wage :

$$w^H(Q, q, \lambda) = \frac{\theta\beta^H}{(1 + \beta^H)} (Q - Q_L) (\lambda(q - 1) + 1) + \frac{w_H\beta^H + \bar{w}^H}{(1 + \beta^H)}$$

- with $\beta^H > \beta^L$ we have
 - ▶ $w^H(Q, q, \lambda) > w^L(Q, q, \lambda)$ for all $\lambda \in (0, 1)$ and (q, Q)

Effect of an increase in λ

- One can show

$$\frac{\partial w^L(Q, q, \lambda)}{\partial \lambda} > \frac{\partial w^H(Q, q, \lambda)}{\partial \lambda}$$

Whenever:

$$\frac{\beta^H(1 + \beta^L)}{\beta^L(1 + \beta^H)} < \frac{(q - q_L)(Q - 1)}{(Q - Q_L)(q - 1)}$$

satisfied when Q is sufficiently large and/or $Q - Q_L$ is sufficiently small

Extensions

- Endogenous q and Q with training costs
- Endogenous λ
- Extend to more than two workers
- Outsourcing

Empirical assumptions and predictions

- More innovative firms exhibit more complementarity
- Low-skilled workers that remain in a firm benefit more from an increase in $R\&D$ of the firm than high-skilled workers in that firm
- Low-skilled workers stay longer in more innovative firms (as more time and money is invested in them to getting them from q_L to q^*)

Plan

- 1 Motivation
- 2 Innovation and wage
- 3 Innovation and wage by skill groups
- 4 Model
- 5 Confronting the model to the data**
- 6 Conclusion

Complementarity of workers

- We use data collected by the US Department of Labor called the Occupational Information Network (O*Net)
- these data are collected from workers in the US and aggregated to the occupation level
- they provide detailed measures on the characteristics of occupations and the training of workers in those occupations (among other things)

Complementarity of workers

- Four questions capture the extent to which low skill workers are more complementary to other workers.
 - ① What are the consequences of you making an error
(1=no consequences, 2, 3, 4, 5= very large consequences)
 - ② What is the impact of decisions that you make
(1=no impact, 2, 3, 4, 5= very large impact)
 - ③ On-site or in-plant training
(none, up to 6 months, 6 months - 1 year, a year or more)
 - ④ On-the-job training
(none, up to 6 months, 6 months - 1 year, a year or more)

Consequences of an error

Back

- The consequences of a worker in a low-skilled occupation making an error are larger in a high-R&D firm than in a low-R&D firm
 - ▶ Mean "consequences of an error"

Consequence of an error

Skill level	Tercile of R&D intensity			
	None (1)	Low (2)	Middle (3)	High (4)
Low	1.00	1.02	1.12	1.14
Intermediate	1.00	1.00	1.02	1.03
High	1.00	1.02	1.00	0.99

Impact of decisions

Back

- The impact of decisions of a worker in a low-skilled occupation are larger in a high-R&D firm than in a low-R&D firm
 - ▶ Mean "impact of decisions"

Impact of decision

Skill level	Tercile of R&D intensity			
	None (1)	Low (2)	Middle (3)	High (4)
Low	1	1.00	1.00	1.01
Intermediate	1	0.99	0.98	0.98
High	1	1.00	0.98	0.97

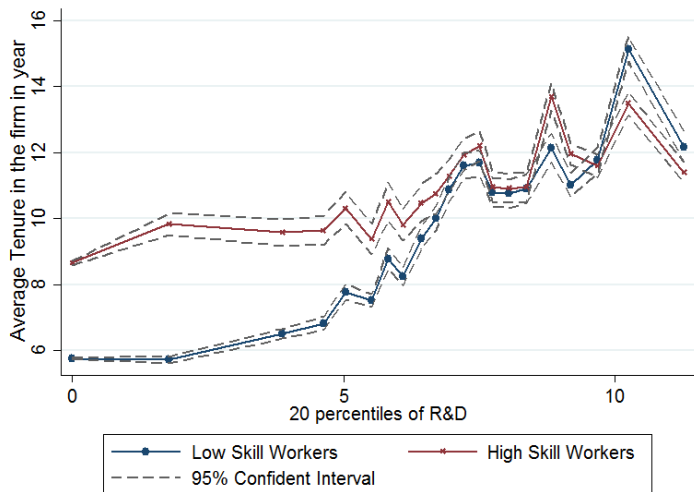
Training in low-skilled occupations

Back

- The table shows the mean share of workers in low-skilled occupations that receive training (on average in the US, O*NET data)

	R&D intensity			
	None	lowest tercile	middle tercile	highest tercile
On-site or in-plant				
none	20.3	19.7	18.6	18.5
up to 6 months	65.6	64.3	59.6	54.4
6 months - 1 year	7.7	8.4	10.9	12.9
a year or more	6.4	7.6	10.9	14.3
On-the-job				
none	10.1	10.0	9.3	9.1
up to 6 months	74.8	72.5	66.1	59.9
6 months - 1 year	7.9	9.0	12.5	14.9
a year or more	7.2	8.5	12.1	16.2

Tenure by skill and R&D



Plan

- 1 Motivation
- 2 Innovation and wage
- 3 Innovation and wage by skill groups
- 4 Model
- 5 Confronting the model to the data
- 6 Conclusion**

Conclusion

- We use new employee-employer matched data that includes information on R&D to show:
 - ▶ workers in innovative firms earn higher wages on average than workers in non-innovative firms
 - ▶ the premium for working in an innovative firm is higher for workers in low-skilled occupations
- We propose a model that is consistent with this finding
 - ▶ some low-skilled occupations are essential for high-R&D firms, these workers are complementary to the high skilled workers, and this allows them to capture a high share of the surplus than equivalent workers in low-R&D firms
- We show empirical support for this model
 - ▶ Low skill workers are more essential for high innovative firms.
 - ▶ tenure of workers in low-skilled occupations is longer in high-R&D firms than in low-R&D firms

Additional Slides

Testing different function of R&D

Back

	Dependent variable: $\ln(w_{ijkft})$			
	(1)	(2)	(3)	(4)
$\frac{R\&D}{L}$	0.00415***	0.00216***	0.000455***	0.000170*
Hyperbolic with R&D	0.0198***	0.0105***	0.00400***	0.000963***
Hyperbolic with $\frac{R\&D}{L}$	0.0979***	0.0541***	0.0238***	0.00819***
$\ln(1 + R\&D)$	0.0215***	0.0114***	0.00438***	0.00111***
$R\&D > 0$	0.147***	0.0751***	0.0265***	0.00224
$R\&D$	0.282***	0.120***	0.0531***	0.0154**
Fixed Effects	(k,t)	(k,j,t)	i+t	f+t
Observations	572,799	572,799	572,799	572,799

Robustness to using different measures of income

Back

	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln(R_{ft} + 1)$	0.0286*** (0.002)	0.0275*** (0.002)	0.0360*** (0.002)	0.0553*** (0.003)
Age2	-0.000590*** (0.000)	-0.000559*** (0.000)	-0.000801*** (0.000)	-0.00106*** (0.000)
Tenure	0.00777*** (0.000)	0.00686*** (0.000)	0.00598*** (0.000)	0.0692*** (0.001)
Tenure2	-0.0000870*** (0.000)	-0.0000865*** (0.000)	-0.0000324*** (0.000)	-0.00161*** (0.000)
$\ln(emp)$	-0.00721*** (0.001)	-0.00998*** (0.001)	-0.0152*** (0.001)	-0.0251*** (0.002)
Full Time	-0.000678 (0.002)	0.0132*** (0.002)	0.659*** (0.004)	0.490*** (0.006)
Fixed Effects	i+t	i+t	i+t	i+t
N	572,799	572,586	575,872	570,001
R ²	0.888	0.907	0.888	0.800

Removing firms with no R&D expenditures

Back

	Dependent variable: $\ln(w_{ijkft})$			
	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln(1 + R_{ft})$	0.0504*** (0.001)	0.0319*** (0.001)	0.00532*** (0.001)	0.00164 (0.001)
Age	0.0650*** (0.001)	0.0407*** (0.001)	0 (.)	0.0560*** (0.001)
Age ²	-0.000745*** (0.000)	-0.000450*** (0.000)	-0.000546*** (0.000)	-0.000635*** (0.000)
Tenure	0.0139*** (0.001)	0.0108*** (0.001)	0.00528*** (0.001)	0.0122*** (0.001)
Tenure ²	-0.000198*** (0.000)	-0.000184*** (0.000)	-0.0000765*** (0.000)	-0.000186*** (0.000)
$\ln(emp)$	-0.0137*** (0.002)	-0.0101*** (0.001)	-0.00132 (0.003)	-0.0326*** (0.006)
Male	0.177*** (0.005)	0.161*** (0.005)	0 (.)	0.166*** (0.005)
Full Time	0.200*** (0.006)	0.0318*** (0.005)	-0.0860*** (0.008)	0.137*** (0.006)
Fixed Effects	(k,t)	(k,j,t)	i+t	f+t
N	144,205	144,205	144,205	144,205
R ²	0.407	0.631	0.917	0.512

Alternative definition of skill levels

Back

	Dependent variable: $\ln(w_{ijkft})$			
	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln(R_{ft} + 1)$	0.0359*** (0.007)	0.0339*** (0.003)	0.00985*** (0.003)	-0.00117 (0.002)
Age^2	-0.000208*** (0.000)	-0.000361*** (0.000)	-0.000613*** (0.000)	-0.000875*** (0.000)
Tenure	0.00733*** (0.001)	0.00932*** (0.001)	0.00342*** (0.001)	0.00144** (0.001)
$Tenure^2$	-0.000124*** (0.000)	-0.000151*** (0.000)	-0.0000538*** (0.000)	-0.00000546 (0.000)
$\ln(emp)$	0.00360* (0.002)	-0.00645*** (0.001)	0.000285 (0.003)	0.00625** (0.003)
Full Time	-0.0428*** (0.006)	-0.0159*** (0.003)	-0.120*** (0.011)	-0.118*** (0.013)
Skill Level	1 (low)	2	3	4 (high)
Fixed Effects	i+t	i+t	i+t	i+t
N	92,305	268,760	104,647	107,087
R^2	0.701	0.784	0.870	0.900

Appendix: model

Back

- In case where $n \geq 1$ low-occupation workers and $m \geq 1$ high-occupation workers. We determine equilibrium wages using ex post negotiation Stole and Zwiebel (1996).
- If the n^{th} low-occupation worker refuses the wage offer w_n^L , then the remaining $n - 1$ low-occupation workers renegotiate a wage w_{n-1}^L .
- By induction, this provides a generic expression for the two equilibrium wages $w_{n,m}^L(Q, q, \lambda)$ and $w_{n,m}^H(Q, q, \lambda)$ (up to a constant in q , Q and λ):

$$w_{n,m}^L(Q, q, \lambda) = \frac{(q - q_L)\lambda\theta}{n(n+1)} \sum_{i=0}^n iQ^m q^{i-1} - \frac{\theta(1-\lambda)}{2}(q - q_L)$$

$$w_{n,m}^H(Q, q, \lambda) = \frac{(Q - Q_L)\lambda\theta}{m(m+1)} \sum_{i=0}^m iq^n Q^{i-1} - \frac{\theta(1-\lambda)}{2}(Q - Q_L),$$

Appendix: model

- Assume $n = 1$ and $m = 2$

$$\frac{\partial w_{1,2}^L(Q, q, \lambda)}{\partial \lambda} = \frac{\theta(q - q_L)(Q^2 - 1)}{2}$$

and

$$\frac{\partial w_{1,2}^H(Q, q, \lambda)}{\partial \lambda} = \frac{\theta(Q - Q_L) \left(\frac{q(1+2Q)}{3} - 1 \right)}{2},$$

- And since $Q > q$ implies that: $q(1+2Q) < Q(1+2Q) < Q(Q+2Q)$ (recall $Q > 1$), we have $\frac{q(1+2Q)}{3} - 1 < Q^2 - 1$, which, combined with the assumption that $(Q - Q_L) < (q - q_L)$, immediately implies that:

$$\frac{\partial w_{1,2}^L(Q, q, \lambda)}{\partial \lambda} > \frac{\partial w_{1,2}^H(Q, q, \lambda)}{\partial \lambda}.$$

Partie 5 : Digital et concurrence

ANNE PERROT



COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

Introduction

Difficulté posée par le numérique à la politique de concurrence : succès des plateformes repose sur la mise en œuvre des effets de réseau

- Effets de réseau directs comme dans le cas des réseaux sociaux
 - Les internautes ont intérêt à rejoindre la plateforme leur offrant le plus de possibilités d'interactions sociales : principe initial de Twitter, Facebook ...
 - La plateforme qui présente le modèle qui réussit attire tout le monde : « winner takes all »
- Effets de réseau indirects comme dans le cas des plateformes d'intermédiation
 - Entre offreurs et demandeurs ou plus généralement entre deux côtés du marché : propriétaires d'hébergements et voyageurs (Airbnb), hôtels et consommateurs (Booking.com)

Question: rapidité de déploiement des plateformes peut être incompatible avec le temps de l'action des autorités de concurrence

Introduction

Articulation avec les autres politiques publiques

- Uber échappe au « coin fiscal-social » en demandant aux chauffeurs d'être des (auto)entrepreneurs
- Mais les chauffeurs ne se font pas concurrence par les prix
 - Les prix sont fixés par la plateforme...
 - Ils sont identiques pour des conditions (locales) de trafic identiques

Les problèmes de concurrence ne sont pas les seuls que pose l'économie numérique

Plus généralement, l'articulation des différentes politiques publiques pose problème

L'attractivité des plateformes dépend de leur taille

Les réseaux sociaux, à effets de réseaux directs, répondent à une demande d'interactions diversifiées de leur membres

Les plateformes bifaces, à effets de réseaux indirects, répondent (de manière pertinente) à une demande d'appariement (« matching ») entre une offre différenciée et les demandes individuelles présentée par les consommateurs

Dans les plateformes, le nombre des interactions rendues possibles par une plateforme est donc ce qui fait son succès

La grande taille est donc l'une des composantes essentielle de l'efficacité dans l'économie numérique

Des structures de marché concentrées

Dès lors qu'une plateforme parvient à attirer l'un des côtés du marché (ou les deux) elle devient très difficile à déloger

Principe du « winner takes all »

Du point de vue des structures de marchés, la plupart des activités sont dominées par un seul acteur, ou un acteur très dominant

- Google dans le domaine des moteurs de recherche (90% des requêtes en France)
- Facebook dans le domaine des réseaux sociaux : 1,7 milliard d'utilisateurs dans le monde chaque mois
- Booking.com dans le cas de la réservation hôtelière : environ 70% des requêtes des internautes, 76% des hôtels affiliés
- Uber, Airbnb etc

La question de concurrence n'est pas de savoir si c'est bon ou mauvais...

- C'est bon parce que les effets de réseaux rendent les plateformes efficaces,
- C'est mauvais parce que la concentration supprime la concurrence entre offres rivales (en qualité, en prix)

La question est celle des abus dont ces plateformes peuvent se rendre coupables

Les données et les problèmes de barrières à l'entrée

L'une des thèses avancées parfois est que les données constituent une facilité essentielle

- Ce serait alors un actif indispensable pour pénétrer le marché
- Non reproductible par les nouveaux entrants
- La détention des données par les acteurs en place les mettrait alors dans une position dominante protégée par cette barrière des données

Mais cette thèse est difficile à soutenir

Beaucoup de nouveaux entrants ont pris place sur les marchés malgré cette absence initiale de données : Facebook après Google, Booking, Uber etc etc

Chacun a très vite obtenu des données par la contribution de la « multitude » des utilisateurs

Aujourd'hui, Waze dispose de données de déplacements individuels et n'a pas mis longtemps à les collecter

Les données pertinentes pour une activité se créent très rapidement. Difficile de soutenir la thèse d'une barrière à l'entrée constituée par les données

Les effets de réseau : un défi pour la politique de concurrence

Les difficultés à qualifier les abus

Pour atteindre la taille optimale, les plateformes peuvent adopter des comportements dont la qualification (abus de position dominante) par le droit de la concurrence est complexe

- Gratuité : Google, Facebook, Booking.com côté consommateurs
- Clauses de parité : Booking.com, Expedia,
- Contrats d'exclusivité : Vente-privée.com, du côté des marques

La plupart de ces comportements ont des effets pro ou anticoncurrentiels selon le contexte, la structure du marché sur lequel elles sont mises en œuvre...

- Par exemple des clauses d'exclusivité peuvent aider deux plateformes concurrentes à coexister en empêchant le basculement du marché vers le monopole : pour avoir accès à toute l'offre, les internautes doivent aller sur les deux plateformes (comme dans le cas de la TV payante et des compétitions de foot)
- Mais ces clauses d'exclusivité peuvent aussi interdire à des plateformes concurrentes de se développer si elles sont trop nombreuses : verrouillent un côté du marché et entravent le développement des concurrents

Les effets de réseau : un défi pour la politique de concurrence

Problèmes de structures, problèmes de comportements

Une fois la taille optimale atteinte, les plateformes deviennent incontournables pour les deux côtés du marché

- Dans le secteur de la réservation hôtelière, les consommateurs vont sur Booking.com (parce qu'ils savent y trouver une grande variété d'hôtels)
- Donc les hôtels ne peuvent pas ne pas être présents sur cette plateforme
- Ce qui permet à Booking.com de prélever des commissions élevées sur les réservations
- Ceci renforce le jeu des effets de réseaux

Les plateformes ont des activités diversifiées :

- moteur de recherche, réseau social, site de réservation en ligne, site de vente en ligne opèrent sur des marchés distincts, parfois verticalement reliés (comme Google/Booking.com)

Souvent, ces plateformes ne sont pas en concurrence entre elles (sauf éventuellement sur la publicité en ligne)

- ce ne sont pas les concurrents qui sont victimes de pratiques anticoncurrentielles (abus d'exclusion) mais plutôt les agents présents sur les différentes faces du marché (annonceurs, consommateurs, vendeurs), par des mécanismes d'abus d'exploitation
- L'existence d'une plateforme dominante ou en position de monopole sur une activité n'empêche pas d'autres plateformes de pénétrer d'autres marchés

Or le droit de la concurrence est bien équipé pour traiter des abus d'exclusion, mais mal outillé pour traiter les abus d'exploitation

Les effets de réseau : un défi pour la politique de concurrence

Abus d'exploitation, abus d'exclusion

Comment traiter les abus d'exploitation dans les activités gratuites?

- Les abus d'exploitation se manifestent la plupart du temps par des prix élevés
- Les autorités de concurrence constatent alors que l'entreprise dominante est en mesure d'élever ses prix au dessus du niveau concurrentiel sans perdre ses clients, qui n'ont pas d'autre solution
- En pratique, peu appliqué : il faudrait savoir ce qu'est le niveau concurrentiel
- On préfère traiter la question des barrières à l'entrée s'il y en a

Une nouvelle thèse semble être explorée par le Bundeskartellamt et la Commission Européenne

- Certaines plateformes commettraient des abus en dégradant la protection des données personnelles
- La baisse de « privacy » serait analogue à une baisse de la qualité
- Ceci permettrait aux plateformes d'accroître leurs profits sur les marchés connexes (publicité par exemple)

Les outils de la politique de concurrence sont-ils suffisants?

Le droit de la concurrence est transversal : les mêmes principes et les mêmes raisonnements sont appliqués à tous les secteurs

C'est une force, et non une faiblesse

L'économie des plateformes exige-t-elle que l'on aille au-delà en créant des outils spécifiques?

- Par exemple une régulation spécifique aux plateformes ?

Plutôt non

- On s'expose à tous les mécanismes habituels propres aux régulations sectorielles
- La nécessité de définir ce qu'est une plateforme, et ce qu'elle n'est pas

Il vaut mieux créer un terrain de jeu commun aux activités numériques et non numériques, sans imposer aux plateformes des contraintes propres aux contreparties traditionnelles