





## ARC EXPRESS EN BREF

**Arc Express est un projet de rocade en métro automatique, principalement en souterrain, situé en proche couronne**

### 1 rocade réalisable en 4 arcs

>> **L'Arc Sud** s'étend sur les départements des Hauts-de-Seine et du Val-de-Marne et à la limite Sud de la Seine-Saint-Denis, depuis Issy-Les-Moulineaux / Meudon à l'Ouest jusqu'à Fontenay sous Bois / Noisy-le-Grand à l'Est.

>> **L'Arc Nord** s'étend sur les départements des Hauts-de-Seine et de Seine-Saint-Denis, depuis la Défense / Nanterre à l'Ouest jusqu'à Bobigny / Pantin à l'Est.

>> **L'Arc Ouest** est situé dans le département des Hauts-de-Seine, depuis La Défense / Nanterre au Nord jusqu'à Issy-les-Moulineaux / Meudon au Sud.

>> **L'Arc Est** traverse le département de Seine-Saint-Denis, depuis Bobigny / Pantin au Nord jusqu'à Fontenay sous bois / Noisy-le-Grand au Sud.

**Les Arcs Sud et Nord ont été définis comme prioritaires.**

Les extrémités de ces arcs correspondent à des pôles importants reliés à des radiales majeures. Cette disposition permet une réalisation par arc autonome avec une fréquentation importante sur toute la longueur de l'arc. Elle est socialement utile et économiquement rentable.

Réaliser **Arc Express** par arcs successifs répond à plusieurs objectifs :

>> phaser le projet en fonction du financement potentiel ;

>> optimiser le phasage opérationnel en rendant possible le recours à plusieurs tunneliers sur le même arc, solution difficilement envisageable si tous les arcs étaient réalisés simultanément pour des raisons de disponibilité de ce type de matériel ;

>> permettre pour chaque arc une mise en concurrence des opérateurs, gage d'efficacité pour le projet.

À l'issue de la réalisation complète de la rocade, l'exploitation d'**Arc Express** pourra se faire soit par arc, soit pour l'anneau complet :



#### DISTANCES MOYENNES ENTRE STATIONS

**Métro parisien :**  
550 mètres

**RER :** de l'ordre  
de 2 000 mètres

**Arc Express :**  
entre 1 000 et 1 500 m

**Transilien :**  
environ 3 000 mètres

#### FINANCEMENT

Dans le cadre du Plan de mobilisation pour les transports en Île-de-France, des financements ont été inscrits pour la réalisation du projet **Arc Express**.

Les financements d'ores et déjà apportés par les collectivités sont les suivants :

>> **540 millions d'euros** par le Conseil régional

>> **360 millions d'euros** par les Conseils généraux : Ville de Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne

>> Une exploitation par arc permet une meilleure maîtrise des temps de régulation et permet d'éviter que les incidents de trafic ne se répercutent sur toute la rocade. Elle nécessite cependant un changement pour les voyageurs qui poursuivent leur trajet sur un autre arc.

>> Une exploitation unique pour l'ensemble de la rocade permet d'éviter les correspondances. Elle est cependant moins fiable en ce qui concerne l'exploitation et limite la concurrence, ce qui peut affecter le coût général du projet.

La conception du projet veillera à garder ces deux options ouvertes pour préserver le choix le plus longtemps possible.

**Arc Express sera en souterrain** sur la majeure partie de son tracé pour s'affranchir des conditions de circulation en surface et des difficultés liées à la densité des territoires traversés. Néanmoins, certains passages particuliers pourront être envisagés en aérien.

**D'une longueur totale d'environ 60 km, comportant une quarantaine de stations espacées de 1 km à 1,5 km en moyenne,**

**Arc Express aura une vitesse commerciale de 40 km/h et des fréquences de l'ordre de 2 minutes à l'heure de pointe, une capacité de 20 000 à 30 000 voyageurs par heure de pointe et par sens.**

**D'une largeur de 2,80 m avec un roulement fer, et en mode automatique,**

Il s'avère que le roulement pneu développé dans les années 50 ne recueille plus l'adhésion du marché mondial. Plus onéreux en construction et en exploi-

tation, le mode pneu est détrôné par le mode fer dont les performances se sont en parallèle beaucoup améliorées. Afin de maîtriser les coûts du projet il est préférable de mettre en concurrence des projets de matériel développés chez plusieurs constructeurs plutôt que de faire le choix d'une technologie conduisant à se retrouver captif aux mains d'un petit nombre de constructeurs.

Enfin, le choix du mode automatique permet des gains de productivité en exploitation (meilleure régulation, adaptation souple de la fréquence aux besoins en temps réel) et des gains de sécurité avec notamment les portes palières comme sur la ligne 14. Cet automatisme intégral s'opère sans conducteur. 2,80 m correspond à la largeur des RER et donc à des tunnels et ouvrages de génie civil mutualisables. Cette disposition permet d'envisager sur le long terme d'autres types d'exploitation.

## Maillé systématiquement aux prolongements de métro, aux lignes radiales de trains, de RER, de tramways,

**Arc Express** développe de nouvelles possibilités de correspondances pour tout le territoire d'Île de France.

## La fréquentation est estimée à 1 million de voyageurs par jour.

**Les bénéfices du projet Arc Express en termes de déplacement :**

>> **Des gains de temps allant jusqu'à plus de 20 minutes** sur certaines liaisons avec la petite ou la grande couronne. C'est en particulier le cas pour les relations avec les secteurs les moins bien desservis aujourd'hui (Créteil, Villejuif, Issy-les-Moulineaux, Aubervilliers, Gennevilliers), pôles d'emplois importants ou secteurs résidentiels.

>> **Un report modal de la voiture vers les transports collectifs estimé autour de 15%.**

>> **Une décharge du réseau central** : selon les lignes, la part du trafic qui pourrait être déviée sur un itinéraire de rocade varie de 5 à 10 %. En 2020, la réalisation du plan de mobilisation et des arcs prioritaires d'**Arc Express** permettra de supprimer les situations de surcharge du réseau de métro.

>> **L'accessibilité aux emplois** ne sera pas seulement améliorée pour les actifs résidant et travaillant en petite couronne mais bien plus généralement pour une part importante des actifs franciliens. En effet, par les correspondances permises par le projet **Arc Express** avec les lignes radiales, c'est bien l'accessibilité de l'ensemble de l'Île-de-France, y compris la grande couronne, qui sera considérablement renforcée.



### ARC EXPRESS EN QUELQUES CHIFFRES

<b>4</b> arcs dont <b>2</b> prioritaires	<b>40</b> stations environ	<b>60</b> km	Temps d'attente entre 2 trains en heure de pointe qui pourra descendre à <b>1 minute 30</b>	Financements déjà inscrits : <b>900</b> millions d'euros
Un matériel large, sur roulement fer, en automatisme intégral sans conducteur	Interstation moyenne de <b>1 à 1,5</b> km	<b>40</b> km/h de vitesse commerciale	<b>74</b> communes et <b>3</b> départements sur les tracés	<b>1</b> million de voyageurs attendus par jour à terme sur l'ensemble de la rocade

Coût estimé des infrastructures selon les tracés (Conditions économiques de décembre 2008)  
 >> Arc Sud : 2,8 à 3,1 milliards d'euros >> Arc Nord : 2 à 2,3 milliards d'euros

Tarification : la même que sur les autres lignes du réseau ferroviaire francilien

## LE TERRITOIRE D'ÉTUDE D'ARC EXPRESS

S'agissant d'un projet structurant de grande envergure, le projet dessert des communes très denses ou qui pourraient le devenir grâce au renouvellement urbain engendré par Arc Express. Il permet la correspondance avec l'ensemble du réseau existant et futur, métros prolongés comme RER.

L'objectif d'améliorer significativement la desserte conduit par ailleurs à éloigner le territoire d'étude d'Arc Express des secteurs immédiatement limitrophes de Paris qui bénéficient déjà d'une bonne accessibilité en transports collectifs. Le projet est donc situé à l'intérieur du territoire délimité globalement par l'autoroute A86.

### LES FUSEAUX DE TERRITOIRE ET LE CHOIX DES ARCS PRIORITAIRES

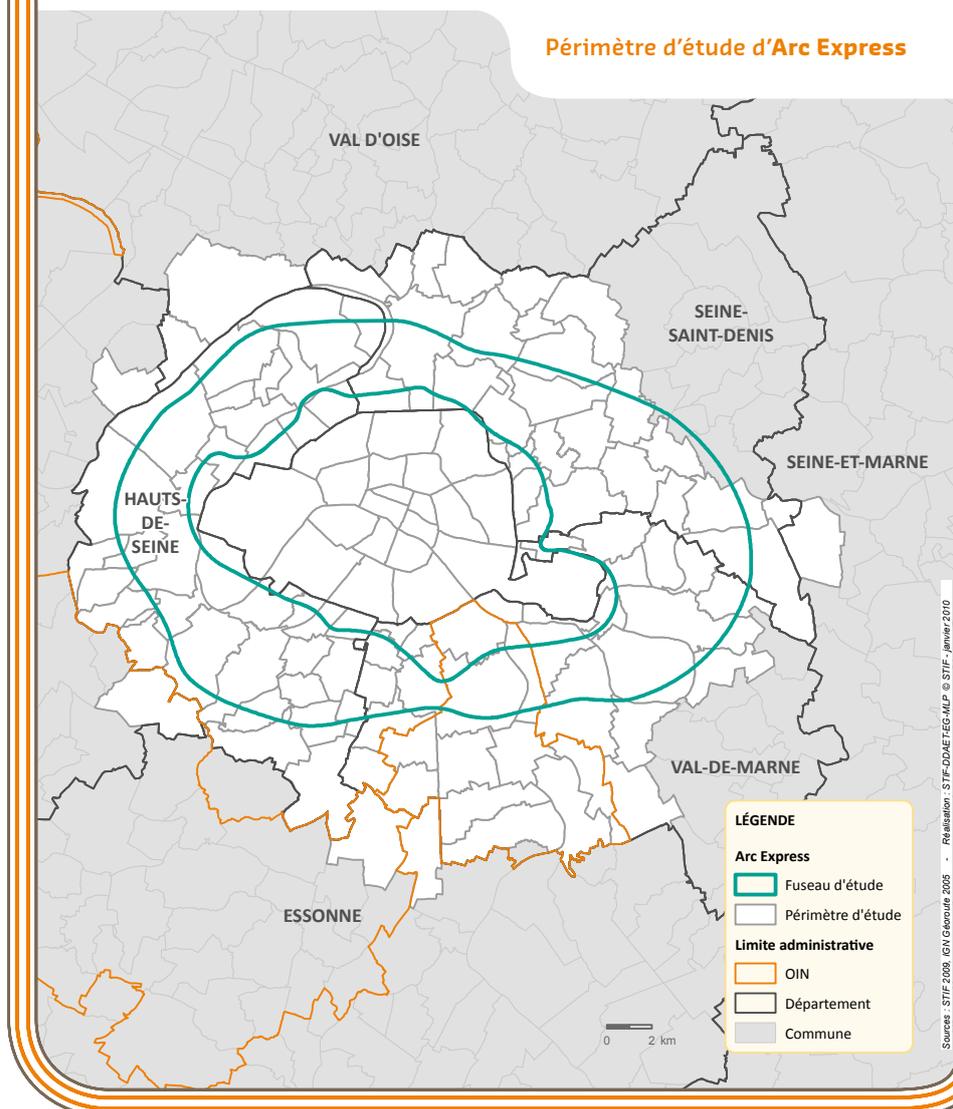
Le nécessaire phasage financier du projet a conduit à définir des arcs prioritaires. Ce choix s'est porté rapidement sur les Arcs Sud et Nord, pour les raisons décrites ci-après.

En termes de trafic, les premières études ont montré que ces deux arcs seraient suffisamment fréquentés (voir le trafic attendu par arc dans chaque cahier par arc).

De même, les deux arcs traversent et desservent des secteurs à enjeux majeurs en termes de transports collectifs (ce point est développé par arc ci après). Les deux arcs seront donc suffisamment attractifs pour présenter un trafic optimal, dès leur mise en service.

Par ailleurs, la poursuite du développement des secteurs concernés représente l'un des enjeux de desserte et de mise en relation par une rocade d'Arc Express.

Enfin, plus localement, sur la partie Val-de-Marnaise de l'Arc Sud, le projet fait l'objet d'un soutien très fort des élus locaux qui militent pour sa réalisation rapide dans le cadre du projet Orbival.





Les Arcs Sud et Nord sont prioritaires et font l'objet du présent débat public. Leur territoire est décrit de manière détaillée dans des cahiers dédiés afin de rendre compte des études avancées dont ils ont déjà fait l'objet.

Les Arcs Est et Ouest n'ont pas encore fait l'objet d'études approfondies. À ce stade, seuls les fuseaux de territoire ont été définis. Ils ont vocation à être débattus lors d'une concertation ultérieure (voir préambule).

La description des territoires des différents arcs explicite également les raisons qui ont présidé au choix de donner la priorité aux arcs Sud et Nord.

**>> L'Arc Sud** s'étend, d'Ouest en Est, des bords de Seine à hauteur de Meudon ou Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine) jusqu'aux limites de la Seine-Saint-Denis pour les deux terminus envisagés que sont Val-de-Fontenay ou Noisy-le-Grand Mont d'Est. Il traverse toute la petite couronne du Val-de-Marne. Il recouvre des secteurs aux fortes densités d'emplois et d'habitat dans sa partie Sud-Ouest (secteur Val et Coteaux de Seine) et des secteurs un peu moins denses dans sa partie Sud-Est, mais promis à de profondes mutations. C'est notamment le cas sur le territoire de la Seine Amont, dans le secteur des Ardoines.

En outre, sur ce quart Sud-Est, le relief (succession de plateaux et de vallées) et les nombreuses coupures (autoroutes, voies ferrées, Seine, Marne)



**BAGNEUX**  
Quartier des Blagis



**VITRY-SUR-SEINE**  
Quartier Balzac

rendent les déplacements en rocade difficiles. Seule l'A86 et la N186 du point de vue routier et le Trans Val-de-Marne (TVM) pour les transports collectifs permettent de se déplacer en rocade sur une partie du secteur. De nombreuses communes restent donc enclavées.

Il n'existe pas non plus de rocade dans le quart sud-ouest alors que le bassin d'emplois d'Issy-les-Moulineaux / Boulogne présente une forte attractivité. Les populations géographiquement proches de ces pôles d'emplois ne peuvent donc pas s'y rendre rapidement en transports collectifs.

**La poursuite du développement de ce secteur et le manque de desserte en transport collectifs, notamment en rocade, ont conduit à l'identifier comme un arc à réaliser en priorité.**



**Le nécessaire  
phasage  
du projet  
a conduit  
à définir  
des arcs  
prioritaires**





Territoire autour  
du Stade de France



La boucle Nord des  
Hauts-de-Seine

>> L'Arc Nord s'étend, d'Ouest en Est, du secteur Nanterre-La Défense dans les Hauts-de-Seine jusqu'à Pantin ou Bobigny en Seine-Saint-Denis. Il présente notamment dans sa partie Nord-Ouest une très forte densité de population et rassemble des pôles économiques existants ou en développement parmi les plus importants de l'Île-de-France : le quartier de La Défense, qui compte environ 150 000 emplois aujourd'hui et est amené à connaître de nouveaux développements, le territoire de la Plaine Saint-Denis, marqué par la désindustrialisation et voué à un renouveau exemplaire. La poursuite du développement de ces territoires et la saturation des lignes radiales qui les irriguent ont conduit à l'identifier comme un arc à réaliser en priorité.

Dans sa partie Nord-Est, l'Arc permet de relier la préfecture de Bobigny en desservant les territoires d'habitat dense d'Aubervilliers ou de Pantin. En reliant des quartiers, bien souvent inscrits en politique de la ville, à l'important bassin d'emplois du quart Nord-Ouest, **Arc Express** permet un réel désenclavement de cette partie de la Seine-Saint-Denis.

Le tramway T1 assure aujourd'hui la seule liaison de rocade de ce territoire. Situé relativement au Nord du fuseau des études, il ne peut répondre à tous les besoins de déplacement de rocade à long terme de ce territoire pourtant promis à un développement important. L'Arc Nord a donc lui aussi été considéré comme prioritaire dans les études du projet **Arc Express**.

Des études détaillées restent à mener sur les Arcs Ouest et Est. À ce stade, les fuseaux de territoire sont néanmoins connus.

# LES GRANDES CARACTÉRISTIQUES D'ARC EXPRESS

## Methodologie

Pour aboutir aux caractéristiques principales du projet **Arc Express**, plusieurs études préalables ont été réalisées. Elles ont permis :

- >> d'identifier à l'échelle du territoire desservi par **Arc Express**, les principaux enjeux liés à la desserte de grands pôles urbains existants ou à venir ;
- >> de préciser, sur la base de prévisions de trafic, les enjeux de transport, tout particulièrement en termes de maillage avec le réseau existant, pour définir le positionnement des tracés, l'espacement entre les stations (inter station) et le choix des points de correspondance ;
- >> de valider la faisabilité technique des tracés présentés et, plus précisément, de tenir compte :
  - > des possibilités physiques (dans les stations) de mise en correspondance avec les lignes du réseau existant et d'une bonne compatibilité avec le réseau de surface (bus, tramway, ...);
  - > des contraintes géologiques et techniques qui peuvent influencer sur la conception de l'infrastructure des stations et des tunnels ;
- >> de mener une première réflexion sur les volets juridiques et financiers associés à ce type d'opération.



## LA CAPACITÉ DES DIFFÉRENTS MODES DE TRANSPORT

La capacité d'un mode de transport correspond au nombre de personnes qu'il peut transporter. Elle est généralement exprimée en nombre de personnes par heure et par sens. C'est une donnée déterminante pour choisir le mode de transport le plus adapté, c'est-à-dire celui qui permettra de transporter l'ensemble des usagers dans de bonnes conditions et nécessitant un investissement à la bonne mesure.

## ARC EXPRESS UN MÉTRO AUTOMATIQUE

### Le choix du mode métro adapté au trafic attendu

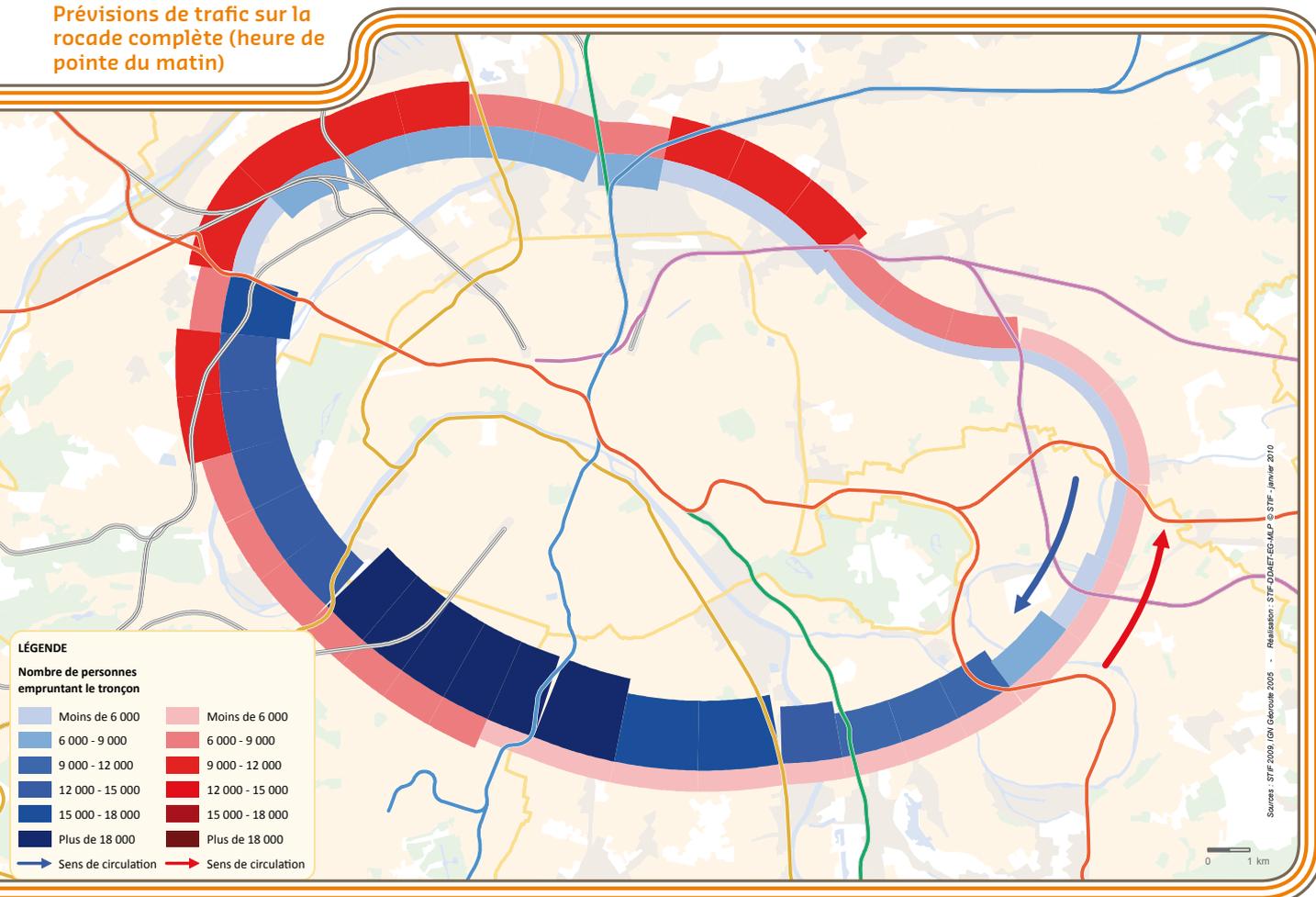
Les études de trafic (prévisions pour 2020) conduisent à un trafic total à l'heure de pointe du matin de l'ordre de 150 000 voyageurs, soit un million de voyageurs par jour, pour l'ensemble de la rocade **Arc Express**. À titre de comparaison, c'est le trafic supporté actuellement par le RER A alors que la ligne 1 du métro, la plus utilisée, compte 750 000 voyageurs chaque jour.

Dès la réalisation des arcs prioritaires (Arc Sud et Arc Nord), le trafic dimensionnant sera très élevé : plus de 10 000 voyageurs sur la portion la plus chargée à l'heure de pointe du matin pour l'Arc Nord et plus de 15 000 pour l'Arc Sud (voir cahiers par arc).

Lorsque **Arc Express** sera réalisé dans son ensemble, la charge « dimensionnante » (nombre de voyageurs estimé sur la portion la plus chargée à l'heure de pointe du matin) pourra atteindre 20 000 voyageurs.

Compte tenu de ces estimations de trafic, le mode métro est le plus adapté en termes de capacité.

Prévisions de trafic sur la rocade complète (heure de pointe du matin)



### COMMENT CALCULE-T-ON LES PRÉVISIONS DE TRAFIC ?

Le modèle de prévision de trafic du STIF, utilisé pour estimer le trafic du projet Arc Express, est basé sur l'observation des comportements de déplacements des Franciliens.

L'Enquête Globale Transport réalisée régulièrement par l'INSEE jusqu'à présent auprès des ménages franciliens permet d'établir des lois statistiques pour estimer le nombre de déplacements réalisés, les origines et les destinations des déplacements, le mode de transport utilisé (voiture, transports collectifs notamment). En intégrant l'évolution de la localisation des populations et des emplois et des réseaux de transport routiers et collectifs, le modèle permet d'estimer le nombre d'utilisations d'un nouveau projet à l'horizon de sa mise en service.

Les prévisions ainsi réalisées se révèlent en général assez proches des trafics effectivement observés ensuite, comme en témoigne le bilan réalisé sur la ligne 14 de Bibliothèque François Mitterrand à Saint-Lazare. Une estimation de trafic est fondée sur des hypothèses de définition et d'environnement du projet.

Dans le cas d'Arc Express, par exemple, les hypothèses suivantes ont été retenues pour des prévisions de trafic à horizon 2020 :

- >> En termes de tracé :
  - > Pour les Arcs prioritaires Sud et Nord, les hypothèses correspondent aux tracés figurant sur la carte ci-avant.

Des stations intermédiaires nouvelles entre les points de maillage ont été positionnées afin d'accroître le trafic et de maximiser le service rendu par le projet.

> Pour les Arcs Est et Ouest, les hypothèses retenues se fondent sur des tracés qui desservent essentiellement les centralités existantes et en correspondance avec les lignes radiales.

>> La fréquence de passage des trains est de 1 train toutes les 2 minutes en heure de pointe et 1 train toutes les 3 minutes en heure creuse.

>> Tous les trains desservent toutes les stations.

>> Les évolutions de l'urbanisation prises en compte sont celles prévues par le projet de SDRIF. Elles devront être affinées et notamment réalisées pour l'horizon 2030 par la suite.

Ce travail nécessite de préciser les localisations des stations afin de quantifier les développements urbains que pourraient induire le projet Arc Express. Ce travail sera mené à l'issue de rencontres avec les collectivités territoriales concernées.

De plus, à l'horizon 2020, le réseau de transports collectifs actuel est complété par les projets inscrits au plan de mobilisation de la région.

Il est aussi retenu une croissance du prix des carburants (le niveau retenu pour 2020 est celui observé lors du pic de l'année 2008).

## Une infrastructure principalement souterraine

La liaison **Arc Express** est une liaison de rocade en grande partie souterraine, desservant des zones d'urbanisation dense du cœur de l'agglomération. Le choix du souterrain a été motivé par les raisons suivantes :

- >> cette méthode de construction permet de s'affranchir de nombreuses contraintes d'insertion et permet de franchir des obstacles majeurs comme des voies fluviales, des autoroutes ou des collecteurs de grands réseaux d'assainissement ;
- >> elle limite les expropriations et donc les coûts ;
- >> elle permet de garantir des vitesses commerciales suffisantes pour concurrencer avec succès la voiture particulière ;
- >> elle permet de s'insérer dans des zones denses existantes ou à venir.

Néanmoins, elle présente également des difficultés. Elle repose sur la qualité de tenue du terrain afin de ne pas le déstabiliser. Pour cela, plusieurs réponses sont envisageables, dont les principales sont :

- >> un matériel de forage (tunnelier) à adapter en fonction du terrain et de ses contraintes ;
- >> le choix de la profondeur du tunnel.

### Quelques tronçons en aérien

En parallèle, ont été ponctuellement étudiées les possibilités de tracé en aérien.

Les paramètres analysés ont été les suivants :

- >> premier repérage des secteurs offrant des possibilités pour un passage en surface ;
- >> quelques esquisses architecturales ;
- >> estimation des gains potentiels en termes de coûts de construction ;
- >> analyse qualitative en termes de confort pour le voyageur, d'accessibilité, d'effet visuel et physique de coupure et d'impact sur le foncier.



**Arc Express** sera principalement en souterrain



Plusieurs zones pourraient être envisagées en passage aérien dans les secteurs suivants.

- >> Arc Sud : le long de l'autoroute A4 entre la gare RER des Bouleaux Champigny et Noisy-le-Grand pour le tracé proche.



## LES NORMES DE SÉCURITÉ

L'ensemble des règles de sécurité doivent être respectées pour la conception des caractéristiques des ouvrages. Plus particulièrement, il s'agit dans le cas d'**Arc Express** de la réalisation d'issues de secours, de la ventilation et du désenfumage.

Les stations et les tunnels disposeront de leur propre système de ventilation/désenfumage.

L'accès des secours (accès pompiers) et les stations de pompage peuvent se faire à des

endroits différents par une gare, une station, une tête de tunnel ou un dispositif spécifique. Un accès pompiers et les systèmes de ventilation sont implantés dans chaque interstation dont la longueur est supérieure à 800 m et la distance entre deux accès ou systèmes ne doit pas excéder 800 mètres.

À ce stade, les ouvrages de ventilation et les accès pompiers ne sont pas localisés dans le projet. Ils ont néanmoins été dénombrés pour chaque tracé et évalués globalement dans le coût

des infrastructures. L'ensemble des paramètres concernant la sécurité globale du système sera étudié très précisément dans les suites du projet.

Ce travail sera fait, notamment, en étroite collaboration avec les organismes de l'État compétents en matière de sécurité des transports, de sécurité des établissements recevant du public, mais aussi en tenant compte des contraintes de sécurité propres au système envisagé.

### **ARC EXPRESS : 60 KM DE ROCADE, 40 KM POUR LES 2 ARCS, ENVIRON 40 STATIONS, FRÉQUENCE ET CAPACITÉ ÉLEVÉES**

#### **Arc Express une rocade de 60 km – 2 arcs prioritaires**

Les deux arcs jugés prioritaires (arcs Sud et Nord) ont les caractéristiques suivantes :

>> Les tracés de l'Arc Sud en quelques mots :

> Le tracé proche mesure environ 26 km. Il est majoritairement souterrain, à l'exception du franchissement aérien de l'A4 près de Nogent-sur-Marne.

> Le tracé éloigné mesure environ 31 km. Il est souterrain.

>> Les tracés de l'Arc Nord en quelques mots :

> Le tracé proche mesure environ 18 km. Il est entièrement souterrain et comporte une traversée sous fluviale sous la Seine à proximité de la station Les Grésillons.

> Le tracé éloigné mesure environ 21 km. Il est entièrement en souterrain et présente une traversée sous-fluviale sous la Seine à proximité de la station Carrefour Pleyel.

#### **Choix des terminus provisoires**

Les besoins de déplacements envisageables des voyageurs, ont permis de déterminer les points de terminus provisoires de chaque arc afin de répondre au mieux aux attentes.

En effet, ont été recherchés et choisis les points où la majorité des voyageurs descendent, montent ou effectuent une correspondance. Par exemple, peu de voyageurs continuent leur voyage du Nord au Sud du RER A ou du Sud au Nord. Ce sont donc les points de rupture qui pénalisent le moins les voyageurs qui ont été choisis. La décharge pourrait ainsi se faire à La Défense ou Nanterre.

#### **Environ 40 stations**

>> Le travail sur les stations a été réalisé en deux temps.

Le premier a consisté à se focaliser sur les seules stations de maillage afin de déterminer les tracés possibles. Ce travail est décrit dans les cahiers des arcs. Puis en tenant compte d'un espacement entre deux stations compris entre 1 et 1,5 km, a été établi le nombre potentiel de stations intermédiaires par tracé, sans préjuger à ce jour d'aucune localisation. La décision sera prise à la suite du débat public, selon le tracé privilégié.

>> Les stations de correspondance

La qualité des correspondances pour le voyageur est essentielle pour permettre les échanges entre lignes dans de bonnes conditions. Par qualité des correspondances, on entend une distance courte à parcourir à pied, des dénivelés pas trop importants et des espaces (couloirs, quais) suffisamment dimensionnés pour ne pas être saturés.

**Arc Express** sera en correspondance avec de nombreuses lignes de Transilien, métro, RER, tramway ou bus





Une quarantaine de stations devraient être créées

La réglementation pour les Établissements Recevant du Public impose des normes sur la dimension des espaces, le nombre et la disposition des accès et des issues de secours.

Rendre possible l'utilisation d'une nouvelle ligne de transports collectifs aux personnes à mobilité réduite est aussi essentielle car c'est bien la mobilité de tous que l'on cherche à favoriser. Cette mise en accessibilité est intégrée dans la conception du nouveau projet. Elle s'impose également aux gares et stations des lignes existantes mises en correspondance avec le nouveau projet et pour lesquelles des travaux d'infrastructure sont prévus.

Selon les stations, la réponse aux exigences de normes d'accueil du public et d'accessibilité est plus ou moins aisée et peut impacter significativement le coût de réalisation du projet. Par ailleurs, selon la configuration des lignes existantes et les contraintes inhérentes aux secteurs où l'on veut implanter une station, la qualité des correspondances peut s'avérer mauvaise au point d'en perdre tout intérêt.

Les études techniques menées sur les stations de maillage sur les arcs Sud et Nord ont ainsi permis d'évaluer la pertinence technique des différentes connexions possibles avec chaque ligne radiale.

Les points suivants ont été examinés :

- >> ligne(s) en correspondance existantes ou envisagées (type Métro, RER...);
- >> trafics voyageurs actuels et prévisionnels sur ces lignes ;
- >> organisation spatiale générale ;
- >> type de station actuelle (ouvrages enterrés, semi enterrés, dans un complexe ou isolée) ;
- >> accessibilité à et dans la station, existante ou possible ;
- >> recensement de caractéristiques particulières (géologie du site, présence de nappe, à proximité de voies fluviales...);
- >> réglementations notamment celles concernant la sécurité (évacuation des usagers en cas d'incident, accès des secours,...).



**Arc Express** sera accessible aux personnes à mobilité réduite

Ces éléments ont permis d'évaluer chaque station de maillage potentielle selon trois critères :

- >> la qualité de la correspondance ;
- >> l'accessibilité ;
- >> le niveau de complexité technique.

*In fine*, certaines stations de maillage n'ont pas été retenues, d'autres ont été confirmées ; d'autres encore doivent faire l'objet d'études complémentaires de faisabilité, eu égard à un enjeu urbain ou transport manifeste.

Les tracés soumis au débat public pour les arcs prioritaires sont répartis entre tracé proche et tracé éloigné. Mais le tracé final pourra être une combinaison des 2. En effet, les tracés proches et éloignés ont été conçus d'une part pour relier les différents points de maillage identifiés et d'autre part pour tenir compte des grands enjeux urbains des secteurs. Rien n'empêche en l'état de retenir un tracé définitif qui mélangerait entre eux les tracés en passant d'une station du tracé proche à une station du tracé éloigné. Néanmoins, le tracé définitif devra respecter une certaine continuité et ne pas présenter de courbes trop importantes (éviter un tracé en « zigzag ») : cela aurait en effet des conséquences sur le confort du voyage ainsi que sur l'augmentation des temps de parcours et donc sur l'attractivité du projet. Cela aurait également des répercussions sur les coûts du projet.

Les tracés présentés dans les cahiers par arc, pour l'Arc Sud et l'Arc Nord, sont réalisables selon ces critères.

### >> Principes retenus pour les stations intermédiaires

Entre les points de maillage, de nouvelles stations seront créées afin d'apporter une desserte à des territoires et des quartiers qui n'en bénéficient pas aujourd'hui.

La distance entre les stations devra donc permettre de satisfaire aux objectifs de desserte des territoires mais aussi de performance générale du système de transport, gage de l'attractivité du projet dans son ensemble. Pour la garantir, la vitesse commerciale est définie autour de 40 km/h. La distance moyenne entre les stations, tenant compte des vitesses d'accélération, de décélération, de freinage, des temps d'arrêt en station définis en partie par le type de matériel roulant, doit rester de l'ordre de 1 000 à 1 500 mètres.

### >> Typologie des stations

Les conditions d'insertion de la ligne dans le site imposent la réalisation d'un tunnel profond. Les stations des Arcs Sud et Nord sont donc toutes souterraines. La longueur des quais des stations sera de l'ordre de 55 mètres.

Deux types de stations sont envisagés :

- >> station souterraine implantée à moyenne profondeur (profondeur des quais de l'ordre de 16 à 18 m) réalisée à ciel ouvert ;
- >> station souterraine profonde (profondeur des quais de l'ordre de 24 m et plus) réalisée pour partie à ciel ouvert et pour partie en souterrain.



Les **portes palières** comme celles sur les lignes 14 ou en cours de pose sur la ligne 1 permettent à la fois des gains de temps et de sécurité (les trains peuvent arriver plus vite sans craindre la chute d'un voyageur. Cet aménagement est parfaitement compatible avec un métro automatique, quel que soit le matériel choisi in fine.

À ce stade de la conception du projet, ni les tracés, ni l'emplacement des stations ne sont arrêtés. Le débat devra permettre d'éclairer l'articulation entre les choix d'aménagement qui sont du ressort des collectivités locales concernées et les caractéristiques du projet **Arc Express**. Le STIF, dans le présent dossier, n'a pas voulu préjuger des avis de tous et projets des collectivités en arrêtant a priori toutes les caractéristiques des arcs présentés au débat.

### Une vitesse commerciale de 40 km/h

La vitesse commerciale correspond à la vitesse moyenne offerte au voyageur. Elle est la moyenne entre la vitesse maximale des trains, les ralentissements et accélérations, les temps d'arrêt et tient compte des distances de freinage sur l'ensemble du parcours.

La vitesse maximale des trains pourra ici atteindre 80 km/h.



### VITESSES COMMERCIALES MOYENNES

Bus en proche couronne



Métro parisien (à l'exception de L14)



Arc Express et ligne 14



Arc Express présente une vitesse commerciale élevée.



La ligne 14 du métro, première ligne automatique du métro parisien

## UN MATÉRIEL FER DE 2,80 M DE LARGE

### Un métro automatique

Les métros automatiques ont connu, depuis les premières mises en service au début des années 80, un fort développement accompagné par d'importantes évolutions technologiques.

Les systèmes automatiques sont progressivement mis en place également sur le réseau francilien existant :

>> 1998 : ligne 14, 1<sup>ère</sup> ligne automatique mise en service entre Madeleine et Bibliothèque François Mitterrand.

>> 2003 puis 2009 : mise en service de deux extensions de la ligne 14 entre Madeleine et Saint-Lazare, puis entre Bibliothèque François Mitterrand et Olympiades.

>> Projets d'ici à 2020 : automatisation de la ligne 1 qui est aujourd'hui la plus chargée en Île-de-France, et prolongement de la ligne 14 à Mairie de Saint-Ouen pour désaturer la ligne 13.

Le retour d'expérience permet de recenser les avantages suivants :

>> Les chiffres de fréquentation démontrant tout l'intérêt d'un tel système.

>> Les technologies et les techniques maîtrisées et les évolutions technologiques possibles sur la durée de vie d'un système.

>> Le marché mondial dynamique et concurrentiel, ce qui permet d'envisager des coûts raisonnables.

>> Une qualité de service et une sécurité à la hauteur des attentes des usagers.

**Il est donc prévu d'exploiter la liaison Arc Express avec un système entièrement automatique.**



### Un matériel roulant permettant la modularité et l'adaptabilité

Les premiers choix techniques orientent donc vers un mode métro (voir page 47) et souterrain (voir page 49).

Sur ces bases, des études ont été engagées pour :

- >> établir le bilan de l'état du marché du matériel en France et à l'étranger ;
- >> évaluer les avantages et les inconvénients des matériels existants et futurs via le recueil des avis des constructeurs et de certains exploitants *In fine*, l'objectif est de rechercher le matériel le plus compatible avec les enjeux et objectifs du projet **Arc Express**.

Par ailleurs, une étude commandée par le STIF à la RATP a démontré la non pertinence de prévoir un système qui utiliserait les infrastructures actuelles du réseau RATP (installations, voies, site de maintenance, ateliers garages...). En effet, la quasi saturation des installations existantes rend peu réaliste leur utilisation par un système supplémentaire.

### Un métro à roulement fer

Une analyse des matériels exploités dans le monde et de ceux envisagés démontre le développement du roulement fer, c'est-à-dire des roues métalliques, par rapport au roulement sur pneu.



### LES SYSTÈMES AUTOMATIQUES DE TRANSPORT DANS LE MONDE

>> Entre 1981 et 1999, 20 lignes de métros automatiques construites.

>> Entre 2000 et 2013, 27 lignes nouvelles lignes mises en service ou en cours de travaux.

La part des projets de métro automatique est de plus en plus importante. Ce système avec ses 20 ans d'expérience constitue aujourd'hui l'un des systèmes connus les plus performants et fiables.

Les roulements pneus ont l'avantage de pouvoir franchir des courbes plus serrées et des pentes plus abruptes.

Parmi tous les systèmes inventoriés dans le monde, le recours au mode fer va croissant :

- >> 47 % de roulement fer pour l'ensemble des systèmes existants ;
- >> 63 % de roulement fer pour les systèmes construits ou conçus depuis 2000 ;
- >> 81 % de roulement fer parmi les systèmes en construction.

Les intérêts du roulement fer sont :

- >> une moindre consommation d'énergie ;
- >> la possibilité d'avoir une vitesse commerciale plus élevée ;
- >> un entretien et une gestion du système de roulement moins lourds (un pneu s'use plus vite qu'une roue en fer et le pneu implique la question du traitement des déchets).

### Un métro large

La largeur choisie pour les véhicules est de 2,80 mètres. Elle est issue à la fois d'études de marché du matériel et d'une réflexion sur la synergie possible avec le réseau métro RATP existant, cette dernière ayant été menée par l'exploitant. La première étude a montré la nette tendance actuelle pour des matériels larges, c'est-à-dire d'une largeur équivalente à celle d'un RER, soit 2,80 m. L'étude RATP a démontré les limites de capacité des sites de maintenance et d'exploitations actuels, impliquant une impossibilité pour les structures existantes d'accueillir **Arc Express**. Afin de préserver l'avenir, il a été décidé de choisir un matériel de 2,80 m de large.

### Un matériel préservant l'avenir

#### >> Garantir l'évolutivité du système

Le nouveau métro doit pouvoir garantir de bonnes conditions de transport pour les usagers pendant de nombreuses années.



Les métros automatiques sont reconnus dans le monde pour leur performance et leur fiabilité

À l'inverse, il ne doit pas être surdimensionné à sa mise en service, au risque de devenir infinançable. Il faut donc pouvoir garantir l'évolutivité de la capacité du métro dans le temps.

Pour augmenter la capacité d'un métro, on peut agir sur deux paramètres : la longueur des rames et la fréquence de passage.

La longueur maximale des rames dépend de la longueur des quais. Il faut donc réaliser des quais suffisamment longs pour se garder la possibilité d'augmenter la longueur des rames si le nombre de voyageurs à transporter augmente.

Néanmoins, les gares représentant un tiers des coûts de génie civil, tout surdimensionnement aura un impact direct sur le coût global de l'opération.

La fréquence d'exploitation est elle aussi limitée. Les métros actuels les plus performants ont une fréquence de passage de 80 / 90 secondes.

Il s'agit de trouver le juste curseur entre taille du matériel (et donc des stations) et la fréquence, tout en prévoyant une marge d'évolution possible.

## ZOOM

### COMMENT AUGMENTER LA CAPACITÉ D'UNE LIGNE ?

Pour s'adapter dans le temps au nombre de voyageurs à transporter, on peut soit augmenter la fréquence de passage des trains, soit augmenter la longueur des rames.

**3 min** d'intervalle = **20 x**  /heure

**2 min** d'intervalle = **30 x**  /heure

Passer d'un intervalle entre le passage des trains de 3 minutes à 2 minutes permet de pouvoir accueillir 50 % de personnes en plus.

**4 = 580** voyageurs



**5 rames = 725** voyageurs **+25 %**



Une rame de métro de 4 voitures permet de transporter 580 personnes dans de bonnes conditions. Une rame de 5 voitures permet de transporter 25 % de personnes en plus.

### LES ENJEUX FINANCIERS ET TECHNIQUES D'UNE DÉFINITION INITIALE ADÉQUATE – L'EXPÉRIENCE DE LONDRES



↑ Le Docklands Light Railway à Londres

Reprendre des infrastructures pour les agrandir tout en conservant l'exploitation du service peut coûter cher et s'avérer très difficile.

Le Docklands Light Railway est une ligne de métro de Londres ouverte il y a plus de 20 ans. À l'exception des prolongements récents, les stations ont toutes été construites avec des quais prévus pour accueillir des rames d'au maximum deux éléments (actuellement en exploitation).

En raison du succès de cette ligne, il s'est avéré impératif de rajouter un troisième élément sur les trains.

Les conséquences ont été les suivantes :

- >> allongement des quais de quelque 20 stations ;
- >> impossibilité de réaliser un allongement ou d'envisager le déplacement de la station de Cutty Sark, obligeant à condamner l'ouverture des portes d'une voiture lors de l'arrêt ;
- >> déplacement d'une station de 200 m, avec démolition de l'ancienne à South Quay ;

>> modification ou renforcement de quelque 70 ponts et viaducs pour supporter les contraintes de poids et de freinage supplémentaires.

Le coût total de l'opération a été estimé à 200 millions d'euros pour la seule partie génie civil et infrastructure. Les travaux devraient être achevés en 2010.



### ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

Concernant l'alimentation électrique et le mode de captation, trois solutions sont envisageables : un 3<sup>e</sup> rail (du type métro parisien), une caténaire souple et une caténaire rigide.

La solution 3<sup>e</sup> rail, très classique pour des métros, limite la tension utilisée (750V) mais n'est pas nécessairement adaptée pour des interstations longues (le métro parisien a une distance moyenne de 550 mètres).

La solution caténaire (souple ou rigide) associée à des tensions supérieures (1500V) est préférable dans le cas d'interstations de grande longueur et permet, en outre, de réduire le nombre de postes de redressement permettant d'alimenter le réseau en électricité. La caténaire rigide présente des avantages en termes de facilité de maintenance et un encombrement limité dans les ouvrages en tunnels et en stations. Toutes les solutions ont des impacts plus

ou moins sensibles sur les dimensions intérieures des ouvrages et cela est particulièrement vrai pour les ouvrages de coupe rectangulaire.

La géométrie circulaire des ouvrages réalisés au tunnelier permet en général la mise en place d'une caténaire sans augmentation du diamètre.

Par ailleurs, à ce jour les études et notamment l'évaluation des coûts des travaux en sont à la phase amont du projet. En conséquence, dans le cas d'**Arc Express** qui comporte sur la majorité du tracé des tunnels à géométrie circulaire et à ce stade des études, il n'y a pas de modification conséquente du coût selon le mode d'électrification de la ligne. Le choix en matière d'alimentation traction et de mode de captation sera effectué ultérieurement, lors des études de conception. Une étude comparative entre ces systèmes sera faite lors du choix du système et du matériel roulant.

Pour **Arc Express**, les quais envisagés rendent possible une augmentation de la longueur du matériel roulant sans reprise de l'infrastructure. Plus globalement, la fréquence et la longueur des métros ont été pris en considération et conçus pour permettre de s'adapter dans l'avenir à l'évolution de la fréquentation.

### UN PROJET MAILLÉ ET INSÉRÉ DANS SON ENVIRONNEMENT

Pour l'ensemble des stations, de correspondance et intermédiaires, la compatibilité entre tous les modes de déplacement (marche à pied, vélo, bus, tramway), l'intermodalité, devra être pensée en amont.

L'usage du vélo est en plein essor. Prévoir des emplacements identifiés pour les vélos et des systèmes de sécurisation est un moyen efficace d'encourager les modes de transport actifs face à la voiture.

Faciliter l'usage des transports en commun consiste aussi à faciliter les correspondances avec les modes extérieurs (tramways, bus). Les conditions de correspondance avec les lignes de bus a dorés et déjà été prise en considération dans la conception du projet.



### DES SITES DE MAINTENANCE ET DE GARAGE

Chaque arc devra disposer de sites de maintenance et de garages en surface. Les ateliers constituant l'essentiel des sites de maintenance, ils peuvent être prévus à des endroits différents des sites de garages. Néanmoins, s'agissant d'une ligne nouvelle, il apparaît opportun de regrouper l'ensemble de ces fonctions dans un site unique.

Les sites seront dans la mesure du possible implantés à proximité de la ligne de manière à réduire la longueur des tunnels de service et à limiter les coûts d'exploitation.

Les sites de maintenance abriteront notamment les installations suivantes :

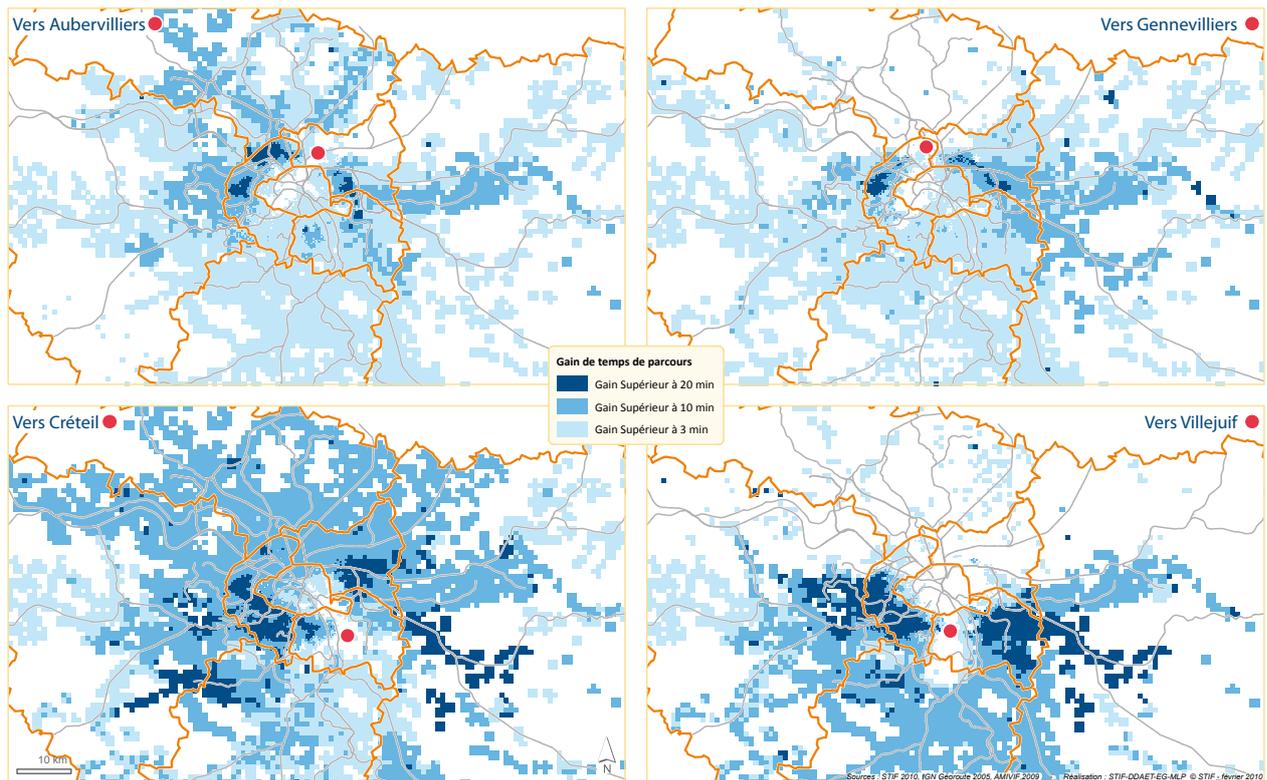
- >> direction et exploitation de la ligne ;
- >> commande centralisée et supervision du trafic ;
- >> maintenance proprement dite du matériel roulant et des infrastructures ;
- >> garage de tout ou partie de la flotte ;
- >> nettoyage des trains.

Les surfaces nécessaires dépendent directement de l'importance du parc et du type de matériel roulant et du nombre de garages. À titre d'exemple, les surfaces nécessaires pour un parc de 40 trains et pour un parc de 60 trains sont respectivement d'environ 5 et 7 hectares.



↑ Site de maintenance et de garage de la ligne 14

## Amélioration du temps de trajet en transports collectifs à l'heure de pointe du matin



## ARC EXPRESS UN MÉTRO UTILE POUR TOUS

### Les apports du projet en termes de déplacements

Comme indiqué page 42, l'attractivité d'**Arc Express** rendue possible par la performance du système de transport envisagé, permet trois grandes avancées en termes de déplacements :

- >> des gains de temps réalisés sur les trajets en transports collectifs ;
- >> moins de voitures : sans le projet, 15 % des utilisateurs d'**Arc Express** auraient utilisé leur véhicule ;
- >> une décharge du réseau central de l'ordre de 5 à 10 %.

L'apport du projet **Arc Express** est donc multiple et permet de répondre aux principaux enjeux transport des différents territoires de l'Île-de-France.

Au cœur du système de transport, il permettra de résorber les situations de surcharges les plus problématiques observées sur le réseau de métro. En cela, le projet répond à une demande forte des Parisiens mais aussi des résidents de la banlieue qui utilisent le système de transports collectifs dans Paris intramuros.

La mise en service d'**Arc Express** va entraîner des diminutions significatives de temps de trajet. Ces

gains de temps concerneront autant les liaisons le long de la rocade en petite couronne que des liaisons avec la grande couronne ou avec Paris grâce aux nouvelles correspondances offertes avec les lignes radiales ferrées.

Pour l'accès à certains pôles de petite couronne, ces gains de temps sont considérables, bien souvent supérieurs à 20 minutes.

### Quelques exemples de gains de temps à l'heure de pointe du matin entre la situation aujourd'hui en transports collectifs et la situation avec Arc Express

Depuis	Vers	Gain de temps de parcours
L'ensemble de la Seine-Saint-Denis	Créteil	> 10 minutes
L'ensemble des Hauts-de-Seine	Créteil	> 10 minutes
Issy-les-Moulineaux, Meudon	Créteil	> 20 minutes
Villiers-sur-Marne	Créteil	> 10 minutes
Vallée de Chevreuse, plateau de Saclay	Créteil	> 10 minutes
Versailles	Créteil	> 20 minutes
Roissy	Créteil	> 10 minutes
Le Nord de l'Essonne	Villejuif	> 10 minutes
Une grande moitié Sud des Hauts-de-Seine	Villejuif	> 20 minutes
Le secteur Villiers-sur-Marne -Tournan-en-Brie	Villejuif	> 20 minutes
Une grande moitié Est du Val-de-Marne	Villejuif	> 20 minutes
Créteil	Villejuif	> 20 minutes
Plateau de Saclay	Villejuif	> 10 minutes
Marne-la-Vallée	Aubervilliers	> 10 minutes
L'Ouest du Val d'Oise	Aubervilliers	> 10 minutes
Le Nord des Hauts-de-Seine	Aubervilliers	> 20 minutes
Le plateau de Rueil-Malmaison	Aubervilliers	> 20 minutes
Montreuil	Aubervilliers	> 20 minutes
Plateau de Rueil-Malmaison	Gennevilliers	> 20 minutes
Sud de la Seine-Saint-Denis	Gennevilliers	> 10 minutes
Marne-la-Vallée	Gennevilliers	> 10 minutes
Nord Est du Val-de-Marne	Gennevilliers	> 10 minutes



## Les emplois situés en grande couronne verront leur bassin de recrutement élargi aux habitants de la proche couronne



En proche couronne, il améliore de manière significative la qualité de la desserte en apportant régularité, fiabilité, rapidité de déplacement et en comblant des manques importants en matière de transports en commun.

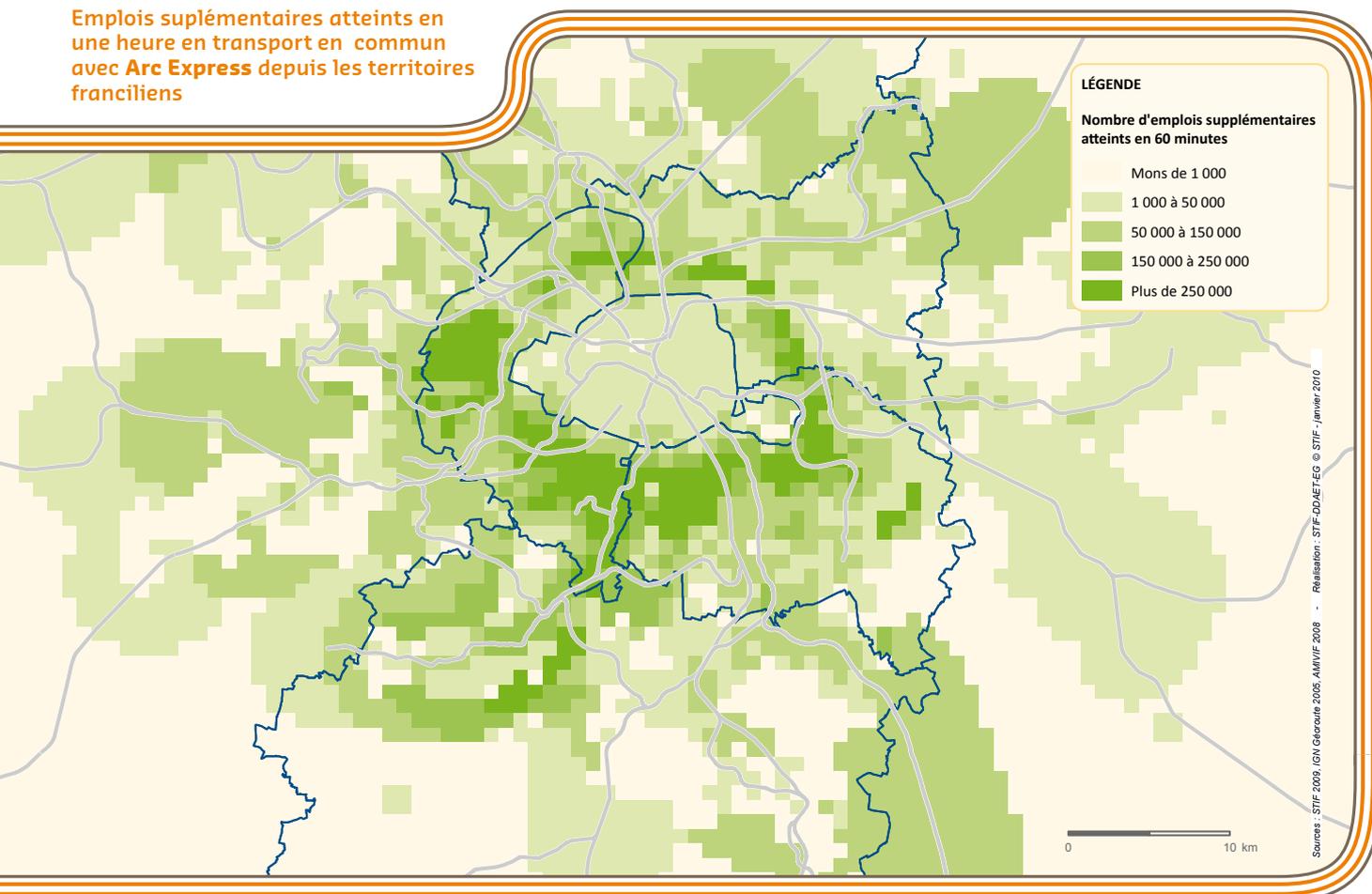
En grande couronne, grâce à la densité et la qualité des maillages avec les lignes radiales de RER et de trains de banlieue, il améliore les temps de parcours pour tous les déplacements d'échange avec la petite couronne. En conséquence c'est l'univers de choix des destinations pour trouver un emploi ou accéder à un équipement structurant

qui s'en trouvera considérablement accru pour les résidents de la grande couronne. Dans le même temps, les emplois situés en grande couronne verront leur bassin de recrutement élargi aux habitants de la proche couronne.

## LA TARIFICATION

La tarification qui sera appliquée pour utiliser cette ligne de métro sera la même que sur les autres lignes du réseau ferroviaire francilien.

Emplois supplémentaires atteints en une heure en transport en commun avec Arc Express depuis les territoires franciliens





Le coût du projet varie de 2 à 3,1 milliards d'euros selon l'arc concerné. Les estimations varient en fonction des caractéristiques de réalisation de la liaison.



## LES COÛTS DU PROJET

Compte tenu des hypothèses techniques, le coût du projet est estimé par arc, selon le tracé retenu :

- >> Arc Sud : 2,8 à 3,1 milliards d'euros
- >> Arc Nord : 2 à 2,3 milliards d'euros

Les estimations sont présentées en euros hors taxes, valeur décembre 2008.

## LES HYPOTHÈSES RETENUES

Les estimations varient en fonction des caractéristiques de réalisation de la liaison : tunnel réalisé grâce à un tunnelier, tranchée ouverte ou viaducs dans le cas de passages aériens. Ces estimations sont faites sur la base de coûts observés sur des réalisations récentes, en France et à l'étranger.

Dans tous les cas, les estimations sont réalisées pour une liaison conçue pour deux voies de circulation des trains, des systèmes de retournement ponctuels ayant été prévus.

Les estimations relatives aux stations sont réalisées pour des stations souterraines. Elles peuvent varier en fonction de la profondeur envisagée et des techniques de construction à retenir (selon les caractéristiques du sous-sol).

L'estimation des coûts des sites de maintenance et de remisage est basée sur une implantation au sol.

## LE CONTENU DES ESTIMATIONS

Les estimations du projet comprennent :

- >> le coût des travaux propres au projet **Arc Express**, intégrant :
  - >> le gros œuvre : les tunnels, les tranchées, les stations et les ouvrages divers avec la reconstitution à l'identique des chaussées et trottoirs ;
  - >> l'aménagement et les équipements liés ou non au système des stations ;
  - >> l'aménagement et les équipements liés ou non au système des ouvrages en ligne (ouvrages de ventilation/désenfumage, puits pompiers, épaissements, éclairage, colonne sèche en tunnel, béton de rechargement) ;
- >> le coût des travaux de mise en correspondance dans les stations ;
- >> les frais généraux du projet (frais de pilotage : maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, etc...) ;
- >> le coût du matériel roulant (y compris frais d'étude afférents).

En outre, classiquement pour ce type de projet, les estimations intègrent les aléas de divers ordres (géologie, hydrogéologie, ouvrages existants,...). En revanche, les éventuelles acquisitions foncières et les opérations connexes (gares routières et aménagements urbains) ne sont pas comprises dans les estimations, à ce stade.

## L'ORGANISATION DES TRAVAUX

### LES MÉTHODES DE CONSTRUCTION

Compte tenu de la forte urbanisation des zones à traverser, **Arc express** sera implanté en souterrain et à moyenne profondeur, sur la majeure partie de son tracé.

La présence le long du tracé d'obstacles majeurs (Seine, Marne, infrastructures radiales existantes : métros, RER, lignes ferroviaires, infrastructures autoroutières...) imposera cependant à la ligne d'être localement plus profonde.

Les tunnels d'**Arc Express** intercepteront l'ensemble des formations constituant le sous-sol de l'agglomération parisienne (alluvions et formations tertiaires). Ils seront le plus souvent implantés sous le niveau de la nappe phréatique. Ces formations se caractérisent par une très grande hétérogénéité (allant de terrains rocheux à des argiles plastiques) et peuvent présenter dans certains cas des caractéristiques géotechniques médiocres (sables de Beauchamp, fausses glaises...).

Mis à part quelques tronçons qui pourront être construits à ciel ouvert et certaines traversées fluviales, les tunnels seront réalisés à l'aide de procédés de construction hautement mécanisés (tunneliers), permettant des vitesses de réalisation élevées et des conditions de sécurité optimales. Cette méthode limite le nombre d'emprises au sol pour réaliser les travaux. Cette technique maîtrisée s'avère parfaitement adaptée à des travaux souterrains en site urbain dense.

Les tunnels seront le plus souvent réalisés à l'aide de tunneliers



Par ailleurs, pour limiter l'impact des travaux sur l'environnement, les puits de service utilisés pour le montage et l'alimentation des boucliers (évacuation des déblais, voussoirs ....) seront, dans la mesure du possible, implantés de façon à permettre une évacuation des déblais par voie fluviale.

Au stade actuel des études, quatre tunneliers sont prévus pour chaque arc.

Les stations souterraines, seront réalisées, pour l'essentiel à ciel ouvert, à l'abri de soutènements provisoires.

Ces soutènements provisoires, destinés à assurer la stabilité des terrains pourront être de différents types en fonction des caractéristiques géologiques des terrains, de la présence ou non de nappes phréatiques et de l'environnement...

Dans certains cas et, en particulier, lorsque les contraintes d'environnement sont particulièrement sévères, des modes de construction alternatifs plus coûteux (réalisation partiellement en souterrain) et conduisant à des stations plus profondes (quais à des profondeurs de l'ordre de 25 mètres) pourront être nécessaires. Certaines stations ont déjà été déjà identifiées et les surcoûts induits ont été pris en compte dans l'estimation globale du projet.

Pour limiter l'impact des travaux sur l'environnement, (riverains, circulation...), les procédés de construction seront mis au point station par station en fonction des contraintes locales.



## Des vitesses de réalisation élevées et des conditions de sécurité optimale



Des mesures spécifiques pourront être, en tant que de besoin, mises en œuvre pour limiter la gêne en surface :

- >> réalisation des soutènements et des travaux proprement dits par phases successives ;
- >> réalisation des terrassements en sous œuvre de la dalle de couverture construite préalablement.

Les délais des travaux comprennent la réalisation du gros œuvre, du second œuvre, des équipements et de l'ensemble des essais et marche à blanc nécessaires à la mise en service de la ligne.

Pour limiter l'impact des travaux sur l'environnement, les puits de service seront implantés de façon à permettre une évacuation des déblais par voie fluviale

